

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIA AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA
CURSO DE ENGENHARIA DE AQUICULTURA

Pedro Corrêa Lindenberg

**ENGORDA DE GAROUPA-VERDADEIRA (*Epinephelus marginatus*) UTILIZANDO
SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO AQUÍCOLA**

Florianópolis

2022

Pedro Corrêa Lindenberg

**ENGORDA DE GAROUPA-VERDADEIRA *Epinephelus marginatus* UTILIZANDO
SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO AQUÍCOLA**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Luis Alejandro Vinatea

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Lindenberg, Pedro
ENGORDA DE GAROUPA-VERDADEIRA *Epinephelus marginatus*
UTILIZANDO SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO AQUÍCOLA / Pedro
Lindenberg ; orientador, Luis Vinatea, 2022.
27 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agrárias, Graduação em Engenharia de Aquicultura,
Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Aquicultura. 2. Garoupa, Recirculação
de água, RAS.. I. Vinatea, Luis. II. Universidade Federal
de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Aquicultura.
III. Título.

Pedro Lindenberg

ENGORDA DE GAROUPA-VERDADEIRA *Epinephelus marginatus* UTILIZANDO SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO AQUÍCOLA

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro de Aquicultura e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia de Aquicultura.

Florianópolis, 27 de Julho de 2022.

Prof. Dr. Marcos Caivano Pedroso de Albuquerque
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Luis Alejandro Vinatea
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. José Mouriño
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dra. Katt Regina Lapa
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado à minha família e a todos os profissionais da nossa área.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus pais, Flávio e Sivani que me acompanharam e apoiaram nessa trajetória, se dedicando incondicionalmente sempre.

Aos meus irmãos Antônio e Gabriela, os quais sabem valorizar ao máximo o significado de irmandade.

Aos meus anjos da guarda, vó Helena e vô Pérsio, além de toda minha família.

A Cláudia e Pedro, entusiastas da piscicultura marinha brasileira que abriram as portas da sua estrutura para que eu pudesse aprender, colaborar e disseminar o conhecimento adquirido no projeto que envolve este trabalho.

A todos colaboradores da equipe da Redemar Alevinos, Pedro, Isac, Edicarlos, Marina, e Bruna.

A todos professores da academia e todos profissionais da nossa área, que batalham a lutam pelo progresso do nosso setor.

A todos meus amigos e fiéis escudeiros. Sem vocês essa trajetória não seria tão prazerosa quanto foi.

A dona Lete e seu Aducci, os quais me acolheram na melhor morada dessa ilha mágica.

A mim mesmo que muito ainda há de evoluir e alcançar.

Muito obrigado a todos!

Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende. (DA VINCI, Leonardo, 1452-1519)

RESUMO

Os Sistemas de Recirculação de Água (da sigla em inglês RAS - Recirculating Aquaculture Systems) representam uma importante tecnologia de cultivo de espécies aquícolas que tem ganhado espaço devido a suas diversas características que corroboram para um desenvolvimento mais sustentável da atividade. Dessa forma, foi avaliado o cultivo de garoupa-verdadeira em RAS utilizando baixas trocas de água a fim de se ter um maior entendimento do desempenho da espécie e da tecnologia, visando atingir altas densidades de cultivo com esta espécie. Na prática surgiram significantes barreiras, como: poucas empresas que trabalham com dimensionamentos e equipamentos, levando a problemas de engenharia e design, falta de ração para peixes marinhos de alto desempenho, complexidade da tecnologia e manejo constante. Apesar das dificuldades práticas foi possível atingir uma densidade de 13 kg/m³ com peso médio de 344 g.

Palavras-chave: Garoupa. Recirculação de água, RAS.

ABSTRACT

The Recirculation Aquaculture Systems (RAS) represents an important technology of fish farming that has gained space due to its several characteristics that corroborate for a more sustainable development of the aquaculture activity. Thus, the cultivation of grouper in RAS using low water changes was evaluated in order to have a better understanding of the performance of the species and the technology itself, aiming to achieve high densities of culture with this specie. In practice, significant barriers emerged, such as: few companies working with sizing and equipment in Brazil, leading to poor engineering and design, lack of feed for high-performance marine fish, technology complexity and constant handling. Despite the practical difficulties, it was possible to reach the density of 13 kg/m³ with an average weight of 344 g.

Keywords: Grouper, Recirculating Aquaculture, RAS.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	OBJETIVO GERAL	16
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
2	MATERIAIS E MÉTODOS	17
2.1	LOCAL DE ESTUDO	17
2.2	MATERIAL BIOLÓGICO E ALIMENTAÇÃO	17
2.3	DESIGN DO SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO	17
2.4	COLETA DE DADOS E PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA	19
3	RESULTADOS & DISCUSSÃO	19
4	CONCLUSÃO.....	24
5	REFERÊNCIAS.....	24

1 INTRODUÇÃO

Segundo a FAO (2018) o consumo anual de pescado no mundo aumentou de 9 kg para 20,5 kg per capita, entre o período de 1961 a 2017. Essa crescente demanda atrelada ao crescimento populacional tem contribuído para a redução dos estoques naturais de diversos peixes provenientes da pesca. No Brasil, dentre as espécies de pescado, temos a garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus*, inserida na Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçada de Extinção - Peixes e Invertebrados Aquáticos (Portaria MMA nº 445, 2014), sendo classificada como espécie vulnerável e tendo sua captura proibida durante o período de 1º de novembro à 28 de fevereiro (BRASIL, 2018).

A garoupa-verdadeira pertence à família dos serranídeos e se destaca pela sua relevância econômica, uma vez que é considerado um peixe nobre, apresentando elevados valores de mercado (SANCHES *et al.*, 2014). Assim como outras espécies de serranídeos, a garoupa-verdadeira é caracterizada por ter um crescimento lento, maturidade retardada, comportamento territorialista sedentário e uma estratégia reprodutiva de hermafroditismo protógino (HEEMSTRA & RANDALL, 1993). Apesar de complexa, a reprodução da garoupa em cativeiro é possível e o laboratório comercial da Redemar Alevinos em Ilhabela, São Paulo, comercializa formas jovens, abrindo novas oportunidades para a piscicultura marinha (KERBER *et al.*, 2012).

Dentre as formas de cultivo para a engorda de garoupas, o Sistema de Recirculação de Água, SRA ou RAS (sigla em inglês para *Recirculating Aquaculture System*) demonstra resultados promissores (HUANT *et al.*, 2018). Trata-se de uma tecnologia intensiva de produção que utiliza um conjunto de técnicas e equipamentos para tratar e reutilizar a água do cultivo, continuamente. A intensificação dos cultivos aquícolas segue a mesma tendência de outras indústrias agrícolas, em busca de maiores produtividades com os mesmos recursos (PIEDRAHITA, 2003). Reduzir a quantidade de água utilizada, melhorar o manejo dos efluentes e ciclagem de nutrientes são algumas das vantagens que tornam essa tecnologia de produção compatível com a sustentabilidade ambiental (MARTINS *et al.*, 2010). No mundo há um crescimento de projetos que tem adotado RAS (BADIOLA *et al.*, 2012; BERGHEIM *et al.*, 2009; DALSGAARD *et al.*, 2013) entretanto, o Brasil ainda carece de projetos públicos ou privados efetivos que dominem essa tecnologia para engorda de espécies na piscicultura.

Visando contribuir com o desenvolvimento da produção de garoupas utilizando a tecnologia RAS, o laboratório comercial da Redemar Alevinos realizou uma parceria público-privada para construir uma estrutura de engorda de garoupas em pequena escala, visando a

produção e interpretação de dados sobre o cultivo da garoupa em um RAS marinho, considerando não haver informações publicadas que descrevam o desempenho da engorda dessa espécie em recirculação no Brasil. Esses dados serão importantes para elucidar tanto o cultivo de *E.marginatus* quanto para entender e avaliar o desempenho da tecnologia aplicada no Brasil.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente relatório visa avaliar um cultivo pioneiro de garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* utilizando a tecnologia RAS.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar o desempenho zootécnico da garoupa-verdadeira cultivada em Sistema RAS;
- b) Avaliar a performance do RAS adotado, a capacidade da manutenção da qualidade de água e a eficiência dos equipamentos;

2 MATERIAIS E MÉTODO

2.1 LOCAL DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado na empresa Redemar Alevinos localizada na cidade de Ilhabela, no estado de São Paulo, sudeste do Brasil, entre o período de novembro de 2019 e abril de 2020.

2.2 MATERIAL BIOLÓGICO E ALIMENTAÇÃO

Foram utilizados juvenis de garoupa-verdadeira ($n = 1000$) com peso inicial de 134 g, produzidas no próprio laboratório, povoadas em um tanque de 20 m³ com água marinha com 33 ppt de salinidade. O sistema havia sido previamente maturado para fixação de bactérias no biofiltro. A ração continha 45% de PB e 14% de lipídios (extrusada para peixes marinhos - GUABI, Brasil) e foi fornecida três vezes ao dia (9:00, 13:00 e 16:00). O ajuste de fornecimento de ração foi realizado de acordo com o peso vivo dos animais (SIM *et al.*, 2005). O fotoperíodo utilizado foi natural, com aproximadamente 12:12 horas de iluminação e escuridão. As biometrias foram realizadas a cada 30 dias com a coleta de 30 animais ao acaso para ajustes de fornecimento de ração, peso médio do lote, taxa de crescimento específico, a partir das seguintes fórmulas:

Peso médio: $PM (g) = B / N$, onde B = biomassa indivíduos coletados; N = número de indivíduos coletados.

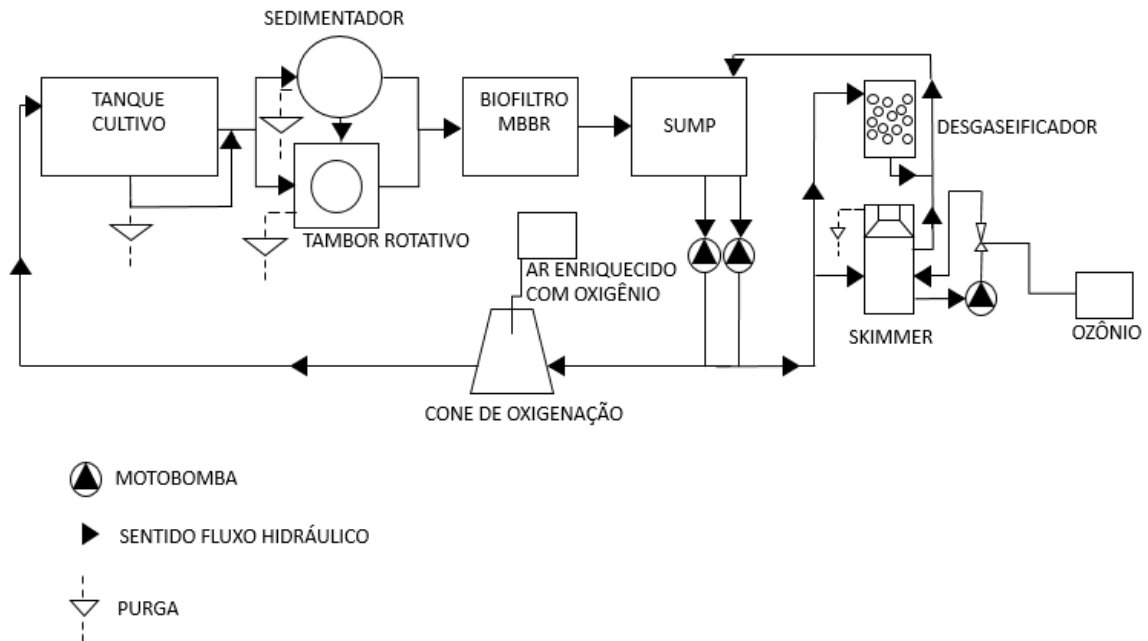
Ganho de Peso Diário: $GPD (g) = (PF - PI) / T$, onde PF = peso médio final; PI = peso médio inicial; T = número de dias do período experimental.

Taxa de Crescimento Específica: $TCE (\%PV/dia) = 100 \times (\ln PF - \ln PI) / T$, onde: ln = logaritmo natural; PF = peso médio final; PI = peso médio inicial; T = número de dias do período experimental.

2.3 DESIGN DO SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO

O sistema de recirculação (Figura 1) foi dimensionado para suportar uma densidade de estocagem de 35 kg/m³. O tanque de cultivo possui um volume útil de 25 m³ de água e contava com saídas laterais e um dreno central.

Figura 1 – Design do RAS para cultivo de garoupa-verdadeira.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após sair do tanque, a água de cultivo era encaminhada para um tambor rotativo com malha de 60 micra ou para um sedimentador vertical cônico, sendo que a água após passar pelo sedimentador também era direcionada para o tambor rotativo. Ambos os equipamentos foram utilizados com a finalidade de remoção de sólidos maiores. Após essa etapa a água era encaminhada para o biofiltro modelo MBBR (*Moving Bed Biofilter Reactor*) com 1000 L de capacidade, preenchidos com biomídia (NANOPLASTIC, Brasil) para fixação das bactérias nitrificantes e posterior conversão dos compostos nitrogenados.

Em seguida a água passava para um caixa equalizadora, conhecida como *sump*, de 1000 L onde duas motobombas de 3 CV succionavam e direcionavam para 3 possíveis caminhos hidráulicos, regulados por registros esféricos. O primeiro caminho era para uma coluna de desgaseificação de 2,5 m de altura e 0,6 m de diâmetro, preenchidas com mídia, as mesmas do biofiltro, e com adição de ar fresco para remoção do CO₂ e outro gases. A água ao cair na cascata de desgaseificação retornava para a caixa equalizadora, caracterizando o primeiro *looping* (caminho hidráulico). O segundo *looping* era para um fracionador de espuma (*Skimmer*) com finalidade de remover sólidos dissolvidos na água. Nessa etapa também era adicionado ozônio através de um dispositivo de venturi. Os sólidos coletados eram removidos do sistema através de acionamento de uma lavagem automática no copo coletor de sólidos, no topo de fracionador. O terceiro e último caminho era o que direcionava a água para o tanque de

cultivo. Porém antes ela passava por um cone de oxigenação para adição de ar enriquecido com oxigênio, garantindo altos níveis de oxigênio dissolvido ao retornar para os peixes.

2.4 COLETA DE DADOS E PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA

As coletas de dados foram realizadas por controladores e sondas remotas que ficaram constantemente imersas (Neptune Systems, EUA) para temperatura, pH, oxigênio e ORP (sigla em inglês para *oxydation-reduction potential*) e salinidade, emitindo resultados em tempo real. Diariamente, houve coleta de dados manuais com sonda multiparamétrica para oxigênio, temperatura, pH (YSI, EUA) e salinidade com um refratômetro, no período da manhã.

Para a série de compostos nitrogenados (amônia total, nitrito e nitrato), assim como para a alcalinidade, foram adotados os métodos de titulação colorimétrica com kits comerciais (Tetra®, EUA). Uma amostra era coletada do SUMP com um tubo tipo Falcon de 50 mL. A amostra de água era encaminhada para uma bancada de análises de água, filtrada e então eram realizados os testes.

3 RESULTADOS & DISCUSSÃO

O cultivo teve a duração de 161 dias e o peso médio final das garoupas foi de 344 g. A taxa de sobrevivência foi de 94,5% e o crescimento acumulado foi de 210 g no período experimental, a densidade final dos peixes atingiu 13 kg/m³, momento em que a recirculação foi desligada, passando a operar com circulação aberta, devido a dificuldades em manter os parâmetros de qualidade de água dentro dos aceitáveis pela espécie.

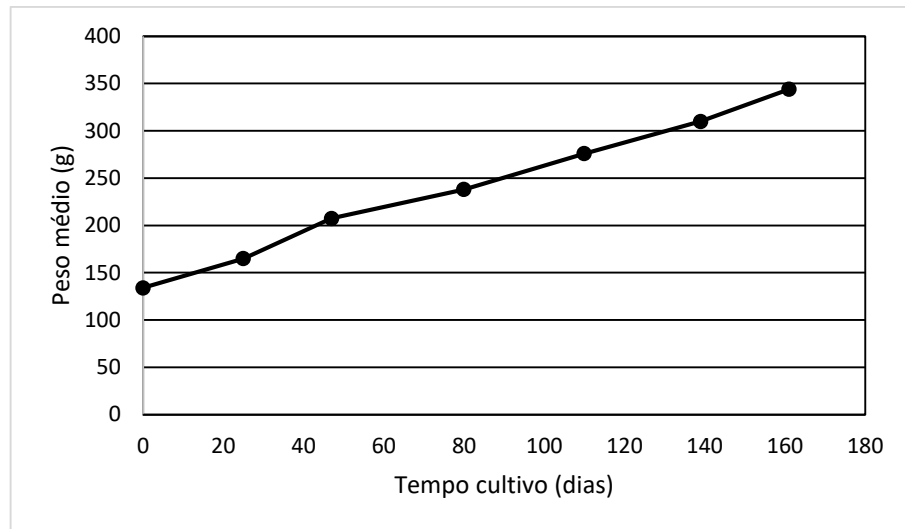
Apesar das adversidades encontradas na operação do sistema de recirculação, a garoupa obteve um ganho de peso significativo (Tabela 1).

Tabela 1 – Dados do cultivo de garoupa-verdadeira durante a operação do sistema de Recirculação.

Tempo cultivo (dias)	Peso médio (g)	Nº Animais	Biomassa (kg)	Densidade (kg/m ³)	Temperatura média (°C)	GPD (g/dia)	TCE (%PV/dia)
0	134	1000	134,00	5,36		-	
25	165	998	164,67	6,59	26,4	1,23	0,36
47	207,5	988	205,01	8,20	27,1	1,86	0,45
80	238	987	234,91	9,40	26,4	0,92	0,18
110	276	945	260,82	10,43	25,9	0,91	0,21
139	310	945	292,95	11,72	25,0	1,17	0,17
161	344	945	325,08	13,00	24,0	1,55	0,21

Neste cultivo, nota-se uma variação no GPD e na TCE. Com valores GPDs indo de 0,91 a 1,55 g/dia e TCEs de 0,17 a 0,45%, reflexo de uma flutuação no ambiente de cultivo, causada principalmente pela variação dos parâmetros de qualidade de água na recirculação de água, afetando negativamente o crescimento da espécie. Fica evidente na curva de crescimento (Gráfico 1) um crescimento mais acelerado no início, quando aconteceram maiores TCEs, após 47 dias de cultivo as TCEs reduziram significativamente.

Gráfico 1 – Curva crescimento da garoupa-verdadeira em RAS durante os 161 dias de experimento.

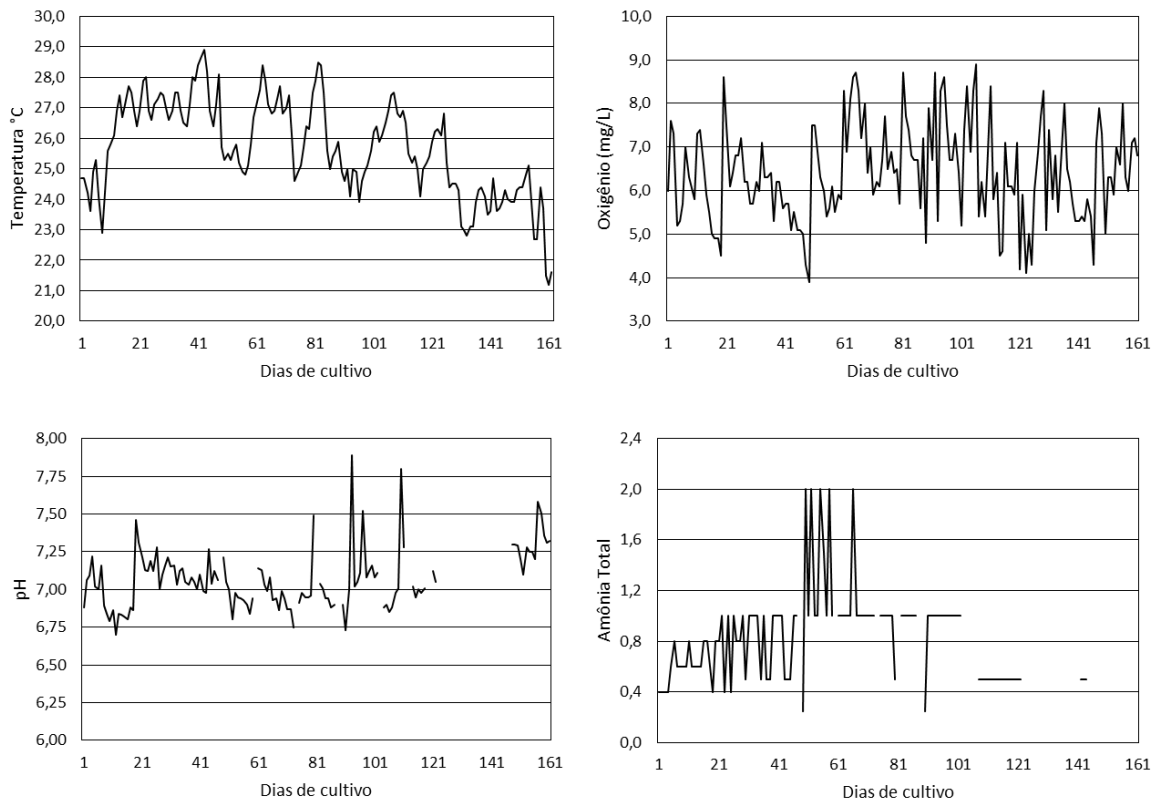


De forma geral os peixes da família dos Serranídeos, a qual a garoupa pertence possuem um crescimento lento. López & Castelló-Orway, (2003) obtiveram um crescimento de 458 g em 15 meses de cultivo para a garoupa-verdadeira. Sanchez *et al.* (2007), obtiveram um crescimento de 275 g em 150 dias com a *E. marginatus* em tanques-rede alimentadas com rejeito da pesca, atingindo uma TCE média de 0,58%. Em contrapartida, experimentos com o mero *Epinephelus itajara* coletados na natureza com 300 g atingiram 730 g em 90 dias (BOTERO & OSPINA, 2003). Indivíduos maiores (505 g) atingiram 8.350 g em 480 dias (TOROSSO, 1982) demonstrando um rápido crescimento.

A densidade final de 13 kg/m³ apesar de ser considerada razoável para as experiências brasileiras é baixa perante outros sistemas de recirculação no mundo. Por exemplo Huan *et al.* (2018), atingiram densidades acima de 50 kg/m³ com a garoupa híbrida (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *E. fuscoguttatus* ♀) em engorda de 240 dias, com peso inicial de 156,3 g, a garoupa cresceu rapidamente para 1324 g.

Os parâmetros de temperatura, oxigênio, pH e amônia ao longo do cultivo são apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Gráficos de temperatura, oxigênio, pH e amônia total durante 161 dias de experimento.



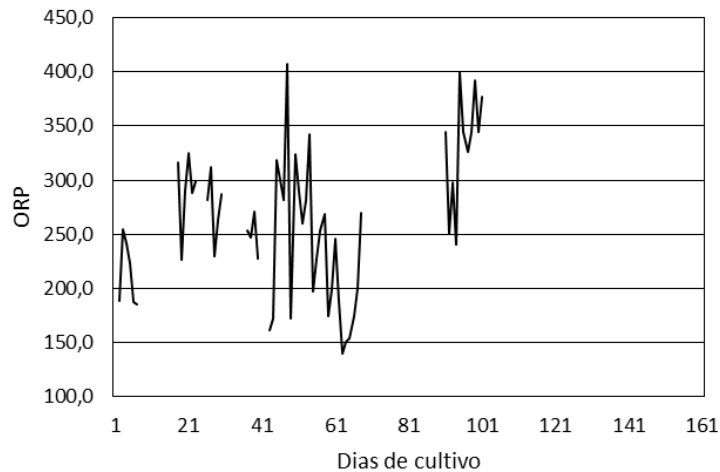
O sistema adotado estava posicionado dentro de uma estufa com abertura lateral ocasionando variações térmicas ao longo dos 5 meses de cultivo, sendo as médias de temperaturas mais baixas no período inicial (dezembro) e final (abril).

O oxigênio se manteve alto durante todo cultivo, sendo registrado apenas uma ocorrência de 3,9 mg/L. Quando se notava valores mais baixos havia um ajuste no equipamento concentrador de oxigênio e no venturi que injetava o gás no cone de oxigenação. As sondas que ficavam imersas de forma contínua poderiam acionar uma válvula solenóide que injetava oxigênio vindo de cilindros diretamente no tanque de cultivo. Entretanto, houve uma discrepância entre as leituras dos equipamentos remotos e manuais e, por esse motivos, as sondas remotas pararam de ser adotadas.

O controle da acidificação se dava através da adição de bicarbonato de sódio, diariamente, para manter os valores acima de 150 mg/L de CaCO_3 , resultando em um pH estável ao longo de todo cultivo. O biofiltro manteve compostos nitrogenados dentro dos limites aceitáveis pela espécie. Os valores de nitrito e nitrato não foram monitorados de forma regular devido aos mesmos se apresentarem baixos durante esse cultivo. Os níveis de nitrito e nitrato

não ultrapassaram 0,25 e 160 mg/L respectivamente. As concentrações de nitrito não se elevaram provavelmente devido a trocas de água para reposição das purgas e devido o ORP se manter alto (Gráfico 2), resultado da injeção do ozônio, encurtando a oxidação da amônia e do nitrito para nitrato (BRAZIL *et al.*, 1998, SUMMERFELT, 2003).

Gráfico 2 – Valores de ORP durante os 161 dias de cultivo.



O gerador de Ozônio e as sondas de ORP funcionaram de forma intermitente, apresentando problemas em alguns dias do cultivo. Ocasionalmente os valores de ORP ficaram acima de 350 mV, faixa considerada potencialmente agressiva para os peixes em sistemas de recirculação marinhos (STILLER *et al.*, 2020). Entretanto, não há trabalhos científicos que comprovem essa informação especificamente com a garoupa-verdadeira. Experimentos com ozônio em RAS conduzidos por DAVIDSON *et al.* (2011a e 2021b) reduziram significativamente os valores de sólidos totais dissolvidos e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), aumentando a transparência da água, resultando numa maior transmitância para a radiação UV, tudo isso contribuiu para melhorar o desempenho da Truta Arco-íris e o Salmão do Atlântico criado em RAS.

O tambor rotativo apresentou problemas de dilatação da carcaça, controle de nível da água, fixação da tela de filtragem e em certos momentos a ração inteira chegou a passar adiante pelo equipamento. Nessa ocasião, filtros tipo *bag* de 100 micras começaram a ser colocados nos tubos que direcionavam a água para o MBBR, a fim de se evitar que tais sólidos prejudicassem a eficiência do biofiltro. Também se notou um excesso de retro lavagens que aconteciam para desaglutinar a sujeiras da tela do tambor, acarretando um elevado consumo de água doce. Já o sedimentador funcionou bem na remoção de sólidos maiores, acima de 200 micras. Porém ao se aumentar o fluxo de água no mesmo, notava-se uma redução na eficiência

e a ressuspensão dos sólidos acumulados. Segundo Ebeling *et al.* (2010), deve-se adotar um fluxo laminar próximo a $2,4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ do sedimentador.

Os sólidos deveriam ser removidos eficientemente pelo tambor rotativo e pelo sedimentador, entretanto, acabaram se mantendo muitas vezes no sistema, impactando negativamente a eficiência de todo sistema de recirculação além do desempenho dos animais. A combinação do sedimentador com o tambor rotativo é uma das formas mais eficientes de remoção do sólidos, (DAVIDSON; SUMMERFELT, 2005) atingiram taxas de remoção próximas a 90% da massa sólida que era adicionada ao sistema através desse método. O que aconteceu nessa situação foi uma baixa eficiência e um subdimensionamento dos equipamentos adotados.

Apesar de não ser registrado os valores de sólidos presentes na água, tanto suspensos como dissolvidos, esse se tornou um dos principais problemas do sistema devido a um conjunto de fatores. O primeiro deles foi a ração, que contava com uma quantidade significativa de sólidos desprendidos dos *pellets* e uma baixa estabilização dele, o que é considerado indesejável para sistemas intensivos. Ao ser fornecido o alimento, todos esses sólidos se dissolviam na água e não eram absorvidos diretamente pelos animais, sobrecarregando as etapas de filtragem e remoção dos mesmos.

A torre de desgaseificação começou a ser operada após o início do cultivo quando se deu conta da necessidade da remoção de gases da água e sinais de níveis de CO_2 elevados. Após a torre entrar em operação não houve problemas relacionados ao CO_2 .

O fracionador de espuma foi fundamental para remoção de sólidos finos, o equipamento adotado funcionava constantemente com injeção de ar e de ozônio. O acúmulo de sólidos se dava no copo coletor no topo do equipamento. Apesar de um possuir dreno no copo coletor para realizar a retirada do material acumulado, foi necessário realizar limpezas manuais para evitar um acúmulo excessivo de sólidos.

O entendimento da recirculação é uma questão chave para uma operação bem sucedida, demandando uma interação constante entre engenharia e cultivo de organismos vivos. Assim como no Brasil, BADIOLA *et al.* (2012) verificaram que 60% das empresas que adotaram RAS na Europa afirmaram não ter uma assistência pós-venda e suporte adequado depois de montar o sistema, herdando problemas de engenharia e design fornecido por profissionais que possuíam compreensão limitada da operação em recirculação, acarretando gastos e prejuízos para solucionar os problemas.

4 CONCLUSÃO

Os resultados apresentados no presente trabalho demonstraram que para se atingir altas densidades de cultivo em RAS, conforme projetado, de 35 kg/m³ ou mais, um sistema de recirculação deve ser dimensionado criteriosamente, onde os equipamentos e processos escolhidos devam assegurar os padrões de qualidade de água. No caso apresentado, a água apresentava quantidade excessiva de sólidos com uma densidade de peixes 10 kg/m³, sendo este um dos pontos negativos ao longo do período, retardando o crescimento da espécie e impactando os outros equipamentos da recirculação.

Apesar de possuir um crescimento moderado, a garoupa-verdadeira pode ser uma candidata competitiva a ser cultivada em sistemas de recirculação, pois a mesma pode ser comercializada com peso médio inferior a 1 kg. Dessa forma, o estudo demonstrou a possibilidade de realizar a engorda de garoupa-verdadeira em sistema RAS, com pontos críticos a serem solucionados na aplicação e funcionamento de equipamentos e da tecnologia, porém trazendo resultados satisfatórios no desempenho zootécnico e parâmetros gerais de qualidade de água.

5 REFERÊNCIAS

- BADIOLA, Maddi; MENDIOLA, Diego; BOSTOCK, John. Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: main issues on management and future challenges. **Aquacultural Engineering**, [S.L.], v. 51, p. 26-35, nov. 2012. Elsevier BV.
- BERGHEIM, A.; DRENGSTIG, A.; ULGENES, Y.; FIVELSTAD, S.. Production of Atlantic salmon smolts in Europe—Current characteristics and future trends. **Aquacultural Engineering**, [S.L.], v. 41, n. 2, p. 46-52, set. 2009. Elsevier BV.
- BOTERO, Julián Y.; OSPINA, José F. 2003. Crecimiento y desempeño general de juveniles silvestres de condiciones de cultivo. **Bol. Invest. Mar. Cost.**, Santa Marta, Colombia, 32: 25-36.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção - Peixes e Invertebrados Aquáticos**. Brasília, 2014. 7p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de recuperação da garoupa-verdadeira (*Epinephelus marginatus*), no litoral sudeste e sul do Brasil**. Brasília, 2018. 53p.
- BRAZIL, B.L.; SUMMERFELT, S.T.; LIBEY, G.S. Application of ozone to recirculating aquaculture systems. In: Libey, G.S., Timmons, M.B. (Eds.), *Successes and Failures in Commercial Recirculating Aquaculture*. Conference Proceedings. **Northeast Regional Agricultural Engineering Service**. Julho 1996, Ithaca, NY, pp. 373–389, 1998.

DALSGAARD, Johanne; LUND, Ivar; THORARINSDOTTIR, Ragnheidur; DRENGSTIG, Asbjørn; ARVONEN, Kaj; PEDERSEN, Per Bovbjerg. Farming different species in RAS in Nordic countries: current status and future perspectives. **Aquacultural Engineering**, [S.L.], v. 53, p. 2-13, mar. 2013. Elsevier BV.

DAVIDSON, John; GOOD, Christopher; WELSH, Carla; SUMMERFELT, Steven. The effects of ozone and water exchange rates on water quality and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* performance in replicated water recirculating systems. **Aquacultural Engineering**, [S.L.], v. 44, n. 3, p. 80-96, maio 2011. Elsevier BV.

DAVIDSON, John; SUMMERFELT, Steven T. Solids removal from a coldwater recirculating system—comparison of a swirl separator and a radial-flow settler. **Aquacultural Engineering**, v. 33, n. 1, p. 47-61, jun. 2005. Elsevier BV.

DAVIDSON, John; SUMMERFELT, Steven; ESPMARK, Åsa Maria O.; MOTA, Vasco C.; MARANCIK, David; EARLEY, Ryan L.; SNEAD, Anthony; GOOD, Christopher. Effects of ozone on post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) performance, health, and maturation in freshwater recirculation aquaculture systems. **Aquaculture**, [S.L.], v. 533, p. 736208, fev. 2021. Elsevier BV.

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

GRARCIA LÓPEZ, V.; CASTELLÓ-ORWAY, F., 2003. Preliminary data on the culture of juveniles of the dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) . **Hidrobiológica** 13 (4): 321-327.

HEEMSTRA, P.C.; RANDALL, J.E. FAO species catalogue. Vol. 16 - groupers of the world (family Serranidae, subfamily Epinephelinae). **FAO Fish. Syn.**, Roma, n.125, p.1-382, 1993.

HUANG, Zhitao; JIANG, Yuli; SONG, Xiefu; HALLERMAN, Eric; PENG, Lei; DONG, Dengpan; MA, Teng; ZHAI, Jieming; LI, Wensheng. Ammonia-oxidizing bacteria and archaea within biofilters of a commercial recirculating marine aquaculture system. **Amb Express**, [S.L.], v. 8, n. 1, 10 fev. 2018.

KERBER, C.E.; AZEVEDO SILVA, H.K.; SANTOS, P.A.; SANCHES, E.G. Reproduction and larviculture of dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834) in Brazil. **Journal of Agricultural Sciences and Technology**, v. 2, p. 229-234, 2012.

MARTINS, C.I.M.; EDING, E.H.; VERDEGEM, M.C.J.; HEINSBROEK, L.T.N.; SCHNEIDER, O.; BLANCHETON, J.P.; D'ORBCASTEL, E. Roque; VERRETH, J.A.J. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: a perspective on environmental sustainability. **Aquacultural Engineering**, v. 43, n. 3, p. 83-93, nov. 2010.

PIEDRAHITA, Raul H.. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. **Aquaculture**, [S.L.], v. 226, n. 1-4, p. 35-44, out. 2003. Elsevier BV.

Publication No. 2005–02, **Asia-Pacific Marine Finfish Aquaculture Network**. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR (2005)).

SANCHES, E. G.; SILVA, F. C.; LEITE, J. R.; SILVA, P. K. A.; KERBER, C. E.; SANTOS, P. A. A incorporação de óleo de peixe na dieta pode melhorar o desempenho da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 2, p. 147-155, 2014.

SANCHES, E.G.; AZEVEDO, V.G.; COSTA, M.R. 2007 Cria o da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Teleostei, Serranidae) alimentada com rejeito de pesca e ra o úmida em tanques-rede. **Atlântica, Rio Grande**, 29(2): 121-126.

SIM, S.Y; RIMMER, M.A; WILLIAMS, K; TOLEDO, D.J; SUGAMA, K; RUMENGAN, I; PHILLIPS, J.M. A Practical Guide to Feeds and Feed Management for Culture Groupers. Publication No. 2005–02, **Asia-Pacific Marine Finfish Aquaculture Network**. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR (2005)).

STILLER, Kevin T.; KOLAREVIC, Jelena; LAZADO, Carlo C.; GERWINS, Jascha; GOOD, Christopher; SUMMERFELT, Steven T.; MOTA, Vasco C.; ESPMARK,  sa M. O.. The Effects of Ozone on Atlantic Salmon Post-Smolt in Brackish Water—Establishing Welfare Indicators and Thresholds. **International Journal Of Molecular Sciences**, [S.L.], v. 21, n. 14, p. 5109, 20 jul. 2020. MDPI AG.

SUMMERFELT, Steven T.. Ozonation and UV irradiation—an introduction and examples of current applications. **Aquacultural Engineering**, [S.L.], v. 28, n. 1-2, p. 21-36, jun. 2003. Elsevier BV.

TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M. **Recirculating Aquaculture**. 2. ed. Ithaca, NY: NRCA, 2010. 948 p.

TOROSSI, S. 1982. Aspectos biológicos y ensayo de cultivo del mero guasa *Epinephelus itajara* (Liechtenstein, 1822) (Pisces: Serranidae), en la laguna de la Restinga (Isla de Margarita, Venezuela. Tesis de gradu, Escuela de Ciencias de la Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Venezuela.