

Custos de implantação de tanques de recirculação de água para aquicultura

Costos de implementación de tanques de recirculación de agua para acuicultura

Costs of implementing water recirculation tanks for aquaculture

DOI: 10.55905/ijsmvtv10n3-024

Originals received: 04/19/2024

Acceptance for publication: 05/10/2024

Josenildo de Sousa e Silva

Pós-Doutor em Bioeconomia

Instituição: Universidade Federal do Delta do Parnaíba (UFDPar)

Endereço: Av. São Sebastião, 2819, N. Sra. de Fátima, Parnaíba – PI, CEP: 64202-020

E-mail: josenildopeixe@gmail.com

Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-7285-8909>

Angélica de Oliveira Portela Cunha

Mestranda em Engenharia de Pesca

Instituição: Universidade Federal do Ceará (UFC)

Endereço: Av. Mister Hull, s/n, Pici, Fortaleza - CE, CEP: 60455-760

E-mail: angelicaaopc@gmail.com

Orcid: <http://orcid.org/0009-0005-4312-4913>

Carla Suzy Freire de Brito

Doutora em Ciências Marinhas Tropicais

Instituição: Universidade Federal do Delta do Parnaíba (UFDPar)

Endereço: Av. São Sebastião, 2819, N. Sra. de Fátima, Parnaíba – PI, CEP: 64202-020

E-mail: carlasuzy@hotmail.com

Orcid: <http://orcid.org/0009-0008-0862-9168>

José Milton Barbosa

Doutor em Zoologia

Instituição: Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Endereço: Campus de São Cristóvão, Rosa Elze, São Cristóvão - SE, CEP: 49107-230

E-mail: jmiltonb11@gmail.com

Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-9950-4596>

RESUMO

O Brasil possui grande potencial para a aquicultura em sistema de recirculação de água (RAS), pois nesta técnica ocorre a redução dos impactos ambientais através do uso e reaproveitamento da água de cultivo, se mostrando um sistema mais sustentável e aplicável às regiões semiáridas brasileiras, principalmente no de cultivo tilápias no

Nordeste. Assim, este estudo teve por objetivo avaliar os custos de implantação de três tipos de tanques circulares: (1) PVC flexível, (2) PEAD e (3) Ferrocimento, em RAS, no cultivo de tilápia, o que é de suma importância, pois os tanques de cultivo representaram o maior custo de um sistema de produção aquícola em sistemas de recirculação, correspondendo a 24,6% o tanque de Ferrocimento, 31,9% PVC flexível e 34,7% de PEAD. Considerando que todos os tanques apresentam viabilidade técnica, independente do material utilizado na sua construção, os tanques de Ferrocimento apresentam menor investimento inicial na sua implantação, sendo, portanto, o mais adequado para aquicultura familiar.

Palavras-chave: economia, agricultura familiar, tanques circulares, RAS, animais aquáticos.

ABSTRACT

Brazil has great potential for aquaculture, especially the recirculation aquaculture system (RAS), as this system minimizes the environmental impact by recycling the cultivation water, thereby proving to be a sustainable system. RAS is suitable for the semi-arid Brazilian conditions, and in particular for tilapia cultivation in Northeast Brazil. This study aimed to evaluate the installation costs of three types of circular cultivation tanks for RAS tilapia cultivation: (1) flexible PVC, (2) HDPE, and (3) Ferrocement. Cultivation tanks represented the highest cost of an aquaculture production system with recirculation systems, amounting to 24.6% for the Ferrocement tank, 31.9% for the flexible PVC, and 34.7% for the HDPE. All tanks are technically viable, regardless of the material used in their construction, but Ferrocement tanks have a lower initial investment cost in their installation, and are therefore the most suitable for small-scale aquaculture.

Keywords: economy, small-scale farming, circular tanks, RAS, aquatic animals.

RESUMEN

Brasil tiene un gran potencial para la acuicultura en sistema de recirculación de agua (SRA), ya que esta técnica reduce los impactos ambientales a través del uso y reutilización del agua de cultivo, demostrando ser un sistema más sostenible y aplicable para las regiones semiáridas brasileñas, especialmente para el cultivo de tilapia en el Nordeste. El objetivo de este estudio fue evaluar los costes de instalación de tres tipos de tanques circulares: (1) PVC flexible, (2) PEAD y (3) Ferrocemento, en sistemas de recirculación, para el cultivo de tilapia, lo cual es extremadamente importante, ya que los tanques de cultivo representaron el mayor coste de un sistema de producción aquícola en sistemas de recirculación, correspondiendo el 24,6% al tanque de Ferrocemento, el 31,9% al PVC flexible y el 34,7% al PEAD. Considerando que todos los tanques son técnicamente viables, independientemente del material utilizado en su construcción, los tanques de Ferrocemento presentan la menor inversión inicial en su implantación y son, por tanto, los más adecuados para la acuicultura familiar.

Palabras clave: economía, agricultura familiar, tanques circulares, RAS, animales acuáticos.

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura no Brasil tem se desenvolvido a passos largos em virtude de um somatório de fatores que favorecem a atividade. No ano de 2022, a produção de peixes de cultivo no Brasil alcançou cerca de 887 mil toneladas, resultando em uma receita estimada de aproximadamente 9 bilhões BRL. Nos últimos anos, o setor registrou um aumento significativo, de 48,6%, passando de 578,8 mil toneladas em 2014 para o montante atual. Essa atividade econômica gera ainda cerca de 3 milhões de empregos diretos e indiretos (Peixe BR, 2024).

Este fato ocorre em virtude do potencial existente para expansão da atividade, com destaque para o clima favorável e as vastas extensões de áreas propícias para o cultivo de animais aquáticos. Esse cenário favorável não apenas decorre da grande reserva de água doce, como também pela disponibilidade de insumos para produção de ração. Ademais há uma política governamental de apoio e estruturação da cadeia produtiva, com ênfase para o pequeno produtor.

No Nordeste do país, com áreas de menor disponibilidade de água o governo implementou, como política pública, o incentivo técnico e financeiro a implantação de aos “quintais agroecológicos”, com produção de peixes e outros animais aquáticos, associada a outras culturas, em sistema de recirculação de água (RAS), do acrônimo em inglês *Recirculating Aquaculture System*.

Assim, considerando que a estrutura de cultivo (tanques) representa o maior investimento dos empreendimentos aquícolas em RAS, é fator primordial comparar os custos de implantação de tanques mais utilizados, confeccionados com Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Policloreto de Vinila (PVC) e Ferrocimento, visando orientar os produtores na economia de produção das referidas estruturas, objetivo do presente trabalho.

A RAS é uma estratégia de cultivo que tem alavancado a aquicultura em regiões semiáridas ou com pouca disponibilidade de água, pois permite a redução dos impactos ambientais e da geração de resíduos, promove a reciclagem de nutrientes e minora a demanda de água (Ahmed e Turchini (2021); Dauda *et al.*, 2018; Martins *et al.*, 2011). Além disso, possibilita proteção contra parasitas e patógenos e a redução dos riscos de

fuga. O que se traduz em maior biossegurança, através do controle de doenças e da qualidade da água no ambiente de cultivo, ensejando o aumento da produtividade (Ebeling e Timmons, 2012; Bregnballe., 2015; Nobile *et ali*, 2019; Gephart *et ali*., 2021).

A RAS utiliza a circulação de água otimizada pela energia proveniente da força de Coriolis, atuante nos movimentos de rotação e translação da terra, que no hemisfério Sul ocorre no sentido horário (An et al., 2018). Essa estratégia possibilita maior velocidade de rotação, distribuição de biomassa e qualidade de água (Gorle et al., 2020). Também maximiza a eficiência das bombas, resultando em menor esforço e consumo de energia elétrica, promovendo maior durabilidade dos equipamentos (Sin et ali, 2018). Além de que, induz um efeito sinérgico, aportando benefícios ao desenvolvimento muscular dos organismos em cultivo, que contribui com aumento da produtividade (Lekang, 2020).

Este fato, permite ao aquicultor maior controle das variáveis da produção, como temperatura, oxigênio, luminosidade, salinidade e pH, dentre outros, possibilitando alcançar condições estáveis, o que representa menor estresse e melhores taxas de crescimento dos animais cultivados (Bregnballe, 2015; Pedersen, 2018). Ademais, a RAS é uma tecnologia que tem apontado menor custo de implantação em sistemas de aquicultura, e utilização racional da água, sendo indicado para produtores familiares (Silva *et ali*., 2018).

A prática mais comum na aquicultura, em sistema RAS, é a utilização de tanques circulares suspensos de geomembranas de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e Policloreto de Vinila (PVC, flexível) e de Ferrocimento que permitem a flexibilidade de localização do cultivo. Ademais, ocupam pouco espaço, apresentam facilidade de manejo e limpeza, inspeções regulares, alimentação dos animais e remoção de detritos, controle ambiental, capacidade de monitoramento de parâmetros físico-químicos, prevenção de contaminações, da água por elementos indesejáveis, minimizando o risco de infecções e de contaminações.

Os tanques circulares suspensos, com sistema de drenagem central inferior, apresentam melhor fluxo rotativo de água, velocidade e taxa de mistura (An et ali., 2018), o que contribui para o ganho de massa muscular e aumento da produtividade, o que sugere a importância desta técnica para a produção aquícola (Badiola et al (2018); Lekang,

2020). O formato circular do tanque permite ainda a melhor drenagem hidráulica, carreando os resíduos alimentares e produtos de excreção para o dreno central que conecta os fluidos para os decantadores e para os filtros, com reflexos sobre a qualidade de água, em função do sentido horário dos tanques circulares. Segundo Timmons, et ali. (2009), o *design* dos tanques circulares contribui com a redução dos custos de produção otimização dos espaços físicos e permite que a entradas d'água possa ser tangencial, rotando o fluxo radial, com os sólidos em suspensão para os drenos, contribuindo a autolimpeza.

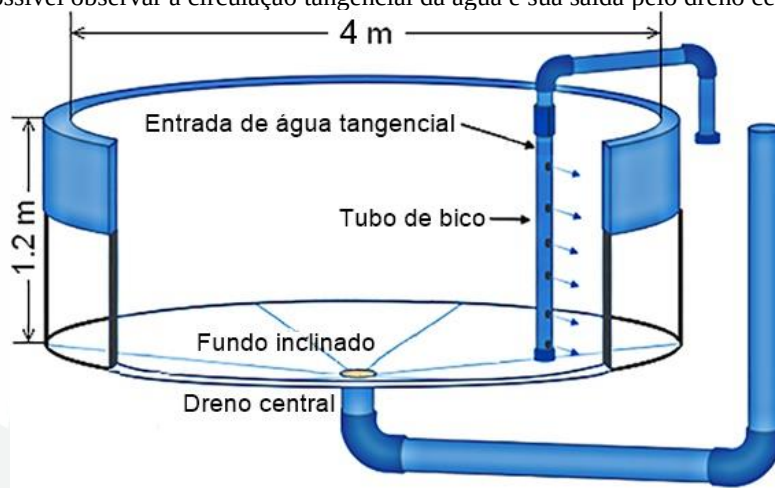
No Brasil são utilizados, principalmente, três tipos de tanques circulares suspensos, de geomembranas PEAD e PVC flexível e de Ferrocimento. Os primeiros são polímeros amplamente utilizadas na engenharia como impermeabilizantes, visto que o PVC é reconhecido por sua versatilidade e resistência física e o PEAD por sua durabilidade e resistência química. Enquanto o Ferrocimento, caracterizado por ser uma estrutura composta por uma malha de aço revestidos por camadas de argamassa de cimento, se destaca por sua resistência mecânica e a corrosão, durabilidade e suporte de cargas, prestando-se utilizada para armazenamento de água.

Estes tanques são de fácil instalação, resistência à tração, à fadiga, à flexão, ao impacto, à degradação (química e ambiental), a radiação ultravioleta e a punção, além de apresentarem boa flexibilidade (Rebelo, 2009 e Viana, 2009; Ribeiro, 2019), são capazes de servir de barreira, controle e evitação ao desvio de fluxo de fluidos e gases, o que sugere sua adequação para utilização na aquicultura.

2 MATERIAS E MÉTODOS

Foram analisados os custos de implantação de tanques em RAS, com a drenagem central inferior, onde a água é injetada tangencialmente à parede do tanque, para criar o fluxo rotativo ao redor do centro do tanque (Figura 1).

Figura 1. Modelo de um tanque circular, de Ferrocimento, entradas de água e dreno central, onde é possível observar a circulação tangencial da água e sua saída pelo dreno central



Fonte: Sin *et al.*, (2021).

A partir dos dados, coletados no período de março a setembro de 2022, de três condições, com seis repetições, cada uma, compostas de tanques circulares suspensos (10 m^3 , cada um) utilizados na prática da aquicultura, com recirculação de água (RAS), em localidades distintas, no estado do Piauí (Brasil), os três tipos de tanques utilizados foram os seguintes:

- tanques de PEAD, com tela galvanizada, localizados no assentamento de reforma agrária, Pedra Branca em Pedro II (Lat. $4^{\circ}33'22.9''\text{S}$ e Long $41^{\circ}27'30.3''\text{W}$);
- tanques de PVC flexível na Estação de Aquicultura da Universidade Federal do Delta do Parnaíba, município de Parnaíba, estado do Piauí. (Lat. $02^{\circ}54'\text{S}$ e Long. $041^{\circ}45,5'\text{W}$) e
- tanques de Ferrocimento na comunidade rural São Luís em Barras, município de Barras, estado do Piauí (Lat. $04^{\circ}14'47''\text{S}$ e Long. $042^{\circ}22,30'\text{W}$), (Tabela 1, Figura 2).

Tabela 1. Tipos de matérias e dimensões dos tanques circulares (PEAD, PVC e Ferrocimento) utilizados na fase experimental da pesquisa.

TIPO	DESCRIÇÃO	DIMENSÕES		
		Raio (m)	Altura (m)	Vol. (m^3)
PEAD	Geomembrana de Polietileno de Alta Densidade	2,0	1,2	10,0
PVC	Geomembrana de Policloreto de Vinila flexível	2,0	1,2	10,0
Ferrocimento	Malha de aço revestido por alvenaria, composta de argamassa de cimento, areia e brita.	2,0	1,2	10,0

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 2. Tanques de recirculação, da esquerda para a direita: Geomembrana de Polietileno de Alta densidade (PEAD); Geomembrana de Policloreto de Vinila (PVC, flexível) e Ferrocimento.



Fonte: Acervo dos autores

Foram levantados os custos de aquisição dos tanques, do material de montagem e da mão de obra para instalação dos tanques de geomembrana e PVC flexível, no caso de Ferrocimento, materiais para edificação e mão de obra para construção, em todos os casos foram incluídos no estudo os tubos e conexões.

O trabalho utilizou a abordagem de gestão de custos de montagem e construção de tanques circulares para aquicultura em sistema de recirculação de água (RAS), especificamente o mapeamento dos valores contidos na produção, insumos, tecnologias e logística para gerar dados, que foram tabulados para comparação dos custos totais de implantação de cada tipo de tanque.

Utilizou-se como referência os índices de custos *stand* para detectar variações com prováveis causas da precificação dos gastos e os custos baseados no acrônimo ABC (*Activity Based Costing*), uma técnica de redução de custo que tem como objetivo o direcionamento do maior número possível de categoria de despesas diretas, eliminando ou reduzindo atividades que não agregam valor e que atuam para otimizar custos (Bornia, 2009). Ao longo da coleta e procesamento de dados dos custos, atuamos com o mapeamento de atividades e distribuição dos custos (indiretos e indiretos).

Nessa perspectiva, entendemos custos, como despesas relacionadas com bens e serviços durante o processo de montagem ou construção do tanque, ou seja, como não analisaremos produção, apenas os custos fixos, cujo número não varia dependendo do volume de produção do tanque. Na prática a soma do custo total (CT) é uma forma de determinar se uma atividade é sustentável em longo prazo, analisa o fluxo de caixa capaz de cobrir todas as despesas mensais, incluindo o trabalho da remuneração mensal e a depreciação dos equipamentos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 MATERIAL E MÃO DE OBRA

O material e a mão de obra que envolvem o processo de construção dos tanques de PEAD, PVC flexível e Ferrocimento, estão detalhados na Tabela 2, 3 e 4.

Tabela 2. Material e mão de obra para a montagem de um tanque circular de geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), com tela galvanizada e volume de 10m³ d'água.

Item	Unidade	Quantidade
Tanque Circular em PEAD	Um	1
Tijolo	Um	150
Cimento	Saco	1
Barro amarelo (carrada de 12m)	um	4
Tubos e Conexões *	Um	-
Mão de obra Engenheiro de Pesca	Hora	2
Mão de obra (Pedreiro, ajudante de Pedreiro, Eletricista)	Hora	3

*1 redução de 100mm/75mm; 1 joelho de 100mm; 1 vara de 6m de cano de 75mm; 4m de cano de PVC de 100 mm; anel vedação 100mm; 1 anel de vedação 50mm e 1 pacote de 100 presilhas 30cm.

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 3. Material e mão-de-obra necessários para a montagem de um tanque circular de geomembrana de Policloreto de Vinil (PVC), com volume de 10m³ d'água.

Item	Unidade	Quantidade
Tanque Circular em PEAD, com tela galvanizada	Um	1
Cimento	Saco	1
Tijolo	Um	150
Barro amarelo (carrada de 12m ³)	Um	4
Tubos e Conexões *	Um/m	-
Mão de obra Engenheiro de Pesca	Hora	2
Mão de obra (Pedreiro, ajudante de Pedreiro, Eletricista)	Hora	3

*1 Redução esgoto de 100/50 mm; 1 Redução de 100mm; 75mm; 1 Joelho de 100mm; 1 vara de 6m Cano de 75mm; 4 m de Cano de PVC de 100mm; 1 Anel vedação 100mm; 1 Flange; Anel de vedação 50mm; 1 pacote de 100 Presilhas de 30cm.

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 4. Material e mão-de-obra necessários para a construção de um tanque circular de Ferrocimento, com volume de 10m³ d'água.

Item	Unidade	Quantidade
Tanque Circular em PVC flexível, com tela galvanizada	Um	1
Cimento	Saco	11
Tijolo	Um	180
Areia grossa	m ³	2
Brita 1	m ³	1
Brita zero	m ³	½
Tela malha pop, 15x15, 2,40x6m	Um	2
Aditivo impermeabilizante, balde 3,6L	Um	1

Tubos e Conexões*	Um	-
Mão de obra Engenheiro de Pesca	Hora	2
Mão de obra (Pedreiro, ajudante de Pedreiro, Eletricista)	Hora	5
Óleo mineral	L	1
Royalties da patente da fôrma (do custo total)	%	1,5

*3m de cano de 100mm; 1 joelho 100mm; 1 balde de aditivo impermeabilizante 3,6L; 1 redução esgoto de 100mm/50 mm; 1 registro de 50mm; 1 joelho de 90° pvc 100mm esgoto; 6m de cano de PVC 100mm esgoto.

Fonte: Dados da pesquisa

3.2 CUSTOS

Foram implantados seis tanques de PEAD, PVC e Ferrocimento em três comunidades distintas, na Tabela 5 são apresentados os diferentes valores de custo médio de montagem ou construção para cada tanque, de acordo com suas características e materiais utilizados. Houve diferença significativa nos valores de investidos na implantação do tanque de Ferrocimento, com custo de 2.945 BRL, sendo 29,50% mais barato que o tanque de PVC, 4.177,11 BRL e 35,66% mais barato que o tanque de PEAD, 4.577,11 BRL.

Tabela 5. Custo médio unitário para montagem e construção dos tanques de acordo com o tipo de material.

CUSTO	PEAD BRL	PVC BRL	FERROCIMENTO (BRL)
Materiais, tubos e conexões	4.067,11	3.417,11	1.735,00
Mão de obra	510,00	760,00	1.210,00
Total	4.577,11	4.177,11	2.945,00

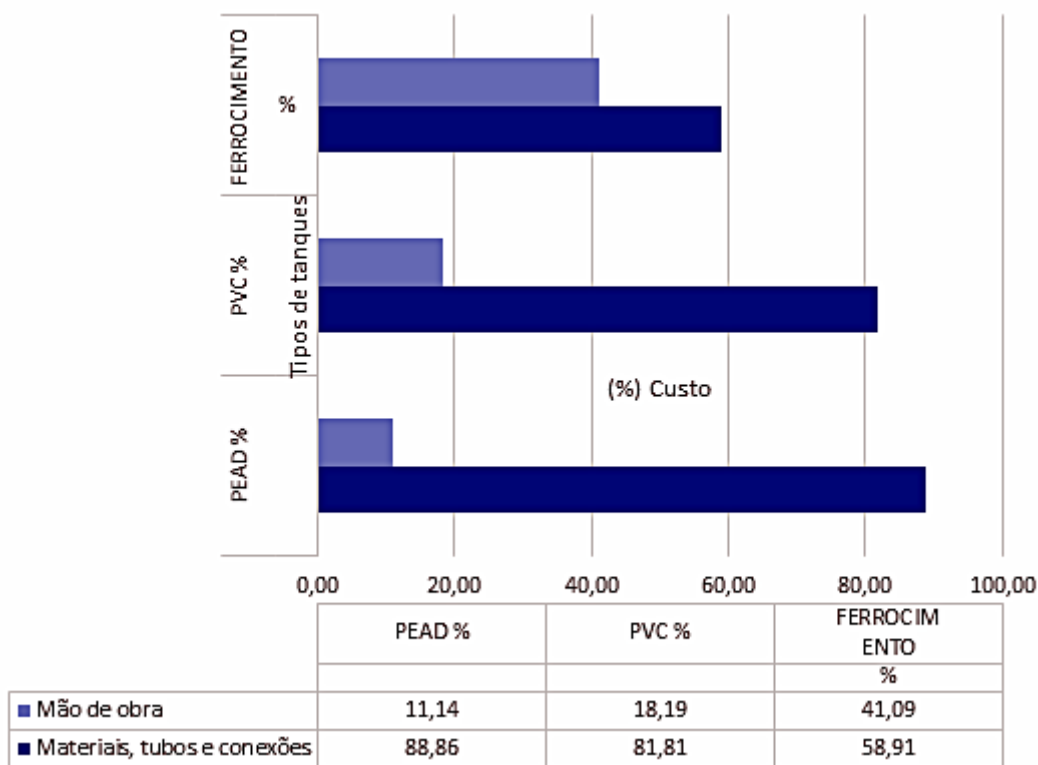
Fonte: Dados da pesquisa

Analisando os custos de materiais, tubos e conexões, associado a mão de obra de montagem e construção dos tanques, verifica-se que os diferentes valores de custos para cada tanque, de acordo com suas características de montagem ou construção e materiais e mão de obra utilizada, o tanque de Ferrocimento, apresentou menor custo de materiais, tubos e conexões (1.735,00 BRL) e maior percentual de mão de obra (41,09%) e o tanque de PEAD apresentou maior custo de materiais, tubos e conexões (4.067,11 BRL) e maior percentual de mão de obra (11,14%), conforme a Figura 3.

Ademais, neste trabalho foi analisada a depreciação acumulada, que representa um conceito contábil essencial, pois atua como uma conta complementar ao ativo

imobilizado. Seu propósito principal é refletir a diminuição progressiva na capacidade de um ativo de gerar fluxos de caixa ao longo do tempo. Esta diminuição é uma consequência natural do uso, desgaste ou obsolescência dos ativos imobilizados, que incluem equipamentos, veículos, edifícios, entre outros bens de longa duração utilizados nas operações de uma empresa.

Figura 3. Custo por categoria e tipo de tanque circular, Polietileno de Alta Densidade (PEAD, Policloreto de Vinila (PVC) e Ferrocimento (% de BRL).



Fonte: Dados da pesquisa

O processo de cálculo e registro contábil adequado da depreciação acumulada é vital para a precisão na determinação dos custos e dos resultados produtivos. Tal precisão é crucial, pois impacta diretamente na análise da saúde financeira e na capacidade de geração de valor do tanque de aquicultura. A depreciação é contabilizada como custo quando o bem é adquirido para ser empregado diretamente numa atividade produtiva. Isso significa que a taxa de depreciação do bem é alocada como um custo associado à fabricação de produtos ou à prestação de serviços, influenciando o custo dos bens ou serviços oferecidos.

Essa prática é fundamental para a atribuição adequada dos custos aos produtos ou serviços, permitindo uma avaliação mais precisa do desempenho financeiro dos tanques de aquicultura, especificamente, o trabalho utilizou a *Depreciação anual* = $(\text{custo de aquisição} - \text{valor residual}) / \text{anos de vida útil}$. A depreciação é uma ferramenta contábil que permite avaliar e comunicar de maneira mais precisa o valor e a performance do ativo imobilizado (tanque), assegurando uma representação fiel da realidade dos custos econômica da entidade.

O estudo buscou, analisar como o indicador de desempenho para verificar gastos, a manutenção de materiais, em função propósitos de metas de uso para aquicultura, optando em utilizar o percentual do custo de Reposição do Ativo (RAV), $RAV = 0,05 * 100 = 5\%$. E também procurou inferir o valor residual de um ativo, estimado para que o tanque destinado a aquicultura seja comercializado, após deduzir as despesas estimadas de venda, caso o ativo já tivesse a idade e a condição esperadas para o fim de sua vida útil. Ao final de 10 anos de uso de tanque de Ferrocimento, 5 anos para o de PEAD e 6 anos para o de PVC, conforme apontaram os fabricantes, ficando assim instituído, o cálculo do valor residual tendo como o $VR = \text{Valor inicial} - (\text{depreciação} \times \text{tempo útil})$.

Tabela 6. Custo por categoria, considerando manutenção, depreciação e amortização do valor residual em BRL

CUSTO	PEAD	PVC	FERROCIMENTO
Materiais, tubos e conexões	4.067,11	3.417,11	1.735,00
Mão de obra	510	760	1.210,00
Manutenção	203,36	170,86	86,75
Depreciação	732,08	512,57	156,15
Valor residual	406,71	341,69	173,5
Total	5.105,84	4.518,85	3.014,40

Fonte: Dados da pesquisa

Na prática, considerando os custos manutenção e depreciação, subtraído o valor residual, os valores reais dos tanques são de Ferrocimento, com custo de 3.014,40 BRL, o tanque de PVC (4.518,85 BRL) e o tanque de PEAD (5.105,84 BRL).

4 CONCLUSÃO

Assim, considerando que todos os três tipos de tanques apresentam viabilidade técnica, independente do material utilizado na construção, os tanques de Ferrocimento se mostram mais adequados ao desenvolvimento da aquicultura, em pequenas propriedades, pois apresentam menor investimento inicial em sua implantação, menor custo de manutenção e depreciação.

AGRADECIMENTOS

A Jean Louis Ruijters e Ana Rosa Araújo pela colaboração na elaboração do texto.

REFERÊNCIAS

AHMED, N.; TURCHINI, M. G. Recirculating aquaculture system (RAS): Enviromental solution and climate change adaptation. **Journal of Cleaner Production**, v. 297, p. 1-14, 2021. Available in: www.researchgate.net/publication.

AN, C. H.; SIN, M. G.; KIM, M. J.; JONG, I. B.; SONG, G. J.; CHOE, C. Effect of bottom drain positions on circular tank hydraulics: CFD simulations. Kim Il Sung University. Republic of Korea. **Aquacultural Engineering**. v. 83, p. 138-150, 2018. Available in: doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.10.005

BADIOLA, M. M.; BASURKO, O. C.; PIEDRAHITA, R.; HUNDLEY, P.; Energy use in Recirculating Aquaculture Systems (RAS): A review. **Aquacultural Engineering**, v. 81, p. 57-70, 2018.

BORNIA, A. C. **Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas**. 2a. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

BREGBALLE, J. **A Guide to Recirculation Aquaculture. An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/Eurofish International Organization, 2015.

DAUDA, A. B.; AJADI, A.; TOLA-FABUNMI, A. S.; AKINWOLE, A. O. Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. **Aquaculture and Fisheries**. v. 4, n. 3, p. 81-88, 2019. Available in: www.freepik.com/premium-psd/brazil-map-with-piaui-state-flag-3d-isometric. Available in: doi.org/10.1016/j.aaf.2018.10.002.render_30009582.htm.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B. **Recirculating Aquaculture Systems. First Edition**. v. 11. p. 245-277, 2012. Available in: doi.org/10.1002/9781118250105.ch11

GEPHART. J. A.; GOLDEN. C. D.; ASCHE. F.; BELTON. B.; BRUGERE. C.; FROEHLICH. H. E.; FRY. J. P.; HALPERN. B. S.; HICKS. C. C.; JONES. R. C.; KLINGER. D. H.; LITTLE. D. C.; MCCAULEY. D. J.; THILSTED. S. H; TROELL. M.; ALLISON. E. H. Scenarios for Global Aquaculture and Its Role in Human Nutrition, **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, v. 29, n. 1, p. 122-138, 2021. Available in: doi.org/10.1080/23308249.2020.1782342

GORLE, J. M. R.; TERJESSEN, B. F.; SUMMERFELT, S. Influence of inlet and outlet placement on the hydrodynamics of culture tanks for Atlantic salmon. **International Journal of Mechanical Sciences**, 188, 105944 2020. Available in: doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2020.105944

LEKANG, O.I. **Aquaculture Engineering, 3rd Ed. Nova Jersey: John Wiley & Sons.**

MARTINS, C. I. M.; EDING, E. H.; VERRETH, J. A. Stressing fish in Recirculating Aquaculture Systems (RAS): does stress induced in one group of fish affect the feeding motivation of other fish sharing the same RAS? **Aquaculture Research**, n. 42, v. 9, p. 1378-1384, 2011. Available in: doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02728x

NOBILE, A. B.; CUNICO, A. M.; VITULE, J. R. S.; QUEIROZ, J.; VIDOTTO-MAGNONI, A. P.; GARCIA, D. A. Z.; ORSI, M. L.; LIMA, F. P.; ACOSTA, A. A.; SILVA, R. J.; PRADO, F. D.; PORTO-FORESTI, F.; BRANDÃO, H.; FORESTI, F.; OLIVEIRA, C.; RAMOS, I. P. Status and recommendations for sustainable freshwater aquaculture in Brazil. **Reviews in Aquaculture**, v. 12, n. 3, p. 1495-1517, 2019, Available in: doi.org/10.1111/raq.12393

PEDERSEN, S. **Simulation and Optimization of Recirculating Aquaculture Systems**. Technical Report R010/2018. Göteborg: Chalmers University of Technology, 2018.

REBELO, K. M. W. **Avaliação de camadas de proteção para geomembranas de PVC e PEAD**. 2009. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-10042009-122112>.

RIBEIRO, D. C. **Recria de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com spirulina (*Arthrospira platensis*) em tanques de ferrocimento**. 2018 Tese (Doutorado em Engenharia de Pesca) - Curso de Engenharia de Pesca - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

SILVA, J. S.; OLIVEIRA, L. G.; PEREIRA-NETO, A. Análise econômico-financeira da construção de tanques circulares para a aquicultura. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 6, n. 1, p. 50-60, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufs.br/ActaFish/article/view/7676/7268>

SIN, M. G.; AN, C. H.; CHA, S. J.; KIM, M. J.; KIM, H. N. A method for minimizing the zone of low water flow velocity in a bottom center drain circular aquaculture tank. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 52, n. 6, p. 1221-1233, 2021

TIMMONS, M.; EBELING, J.; PIEDRAHITA, R. **Acuicultura en sistemas de recirculación**. NRACE Publications Spanish. Cayuga Aqua Ventures, New York y Fundación Chile, Santiago, 2009.

VIANA, P. M. F. Performance de Geomembranas: Agentes de degradação. **Revista Processos Químicos**, v. 3, n. 5, p. 83-87, 2009, Available in: doi.org/10.19142/rpq.v3i5.90