



Piscicultura no Sistema Integrado de Produção de Alimentos: do tanque de placas à integração vegetal

Lucas Ataíde de Oliveira 

Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal do Paraná, Palotina, Brasil.

Recebido 20 jun 2026 / Aceito 16 jul 2026

Resumo

O Sistema Integrado de Produção de Alimentos (SIPA) fundamenta-se no reaproveitamento da água, dos resíduos sólidos e dos nutrientes gerados na piscicultura como recursos produtivos. Este artigo descreve a implantação e o manejo de um arranjo desacoplado do SIPA, organizado em três fluxos operacionais: água, resíduos e nutrientes. O sistema é composto por tanque circular de placas pré-moldadas de argamassa forte (volume útil de 9,88 m³), sedimentador triangular externo e sistema simplificado de recirculação de água (RAS), que inclui biofiltro flutuante, filtro de sólidos e bombas submersas. Os resíduos retidos no sedimentador são destinados à compostagem e à vermicompostagem com *Eisenia andrei* para produção de húmus, que é incorporado aos canteiros de cultivo vegetal. O artigo detalha as etapas construtivas, os componentes do RAS, a montagem da composteira e do minhocário, o manejo alimentar da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e o escalonamento do plantio de hortaliças. Como exemplo prático, apresenta-se uma unidade de agricultura familiar urbana com produção escalonada de alface, cebolinha e coentro em 135 m², irrigada com água do cultivo de peixes. O modelo demonstra viabilidade técnica para a produção integrada de pescado e hortaliças, com redução da dependência de insumos externos e contribuição para a segurança alimentar.

Palavras-chave: aquicultura familiar, economia circular, placas pré-moldadas, recirculação de água.

Abstract - Fish farming in the Integrated Food Production System: from the precast panel tank to plant integration

The Integrated Food Production System (SIPA) is based on the reuse of water, solid waste, and nutrients generated in fish farming as productive resources. This article describes the implementation and management of a decoupled SIPA arrangement, organized into three operational flows: water, waste, and nutrients. The system comprises a circular tank made of precast mortar panels (working volume of 9.88 m³), an external triangular settling tank, and a simplified recirculating aquaculture system (RAS), which includes a floating biofilter, a solids filter, and submersible pumps. The waste retained in the settling tank is directed to composting and vermicomposting with *Eisenia andrei* for humus production, which is then applied to vegetable beds. The article details the construction stages, RAS components, compost bin and worm bin assembly, feed management of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), and staggered vegetable planting. As a practical example, an urban family farming unit is presented with staggered production of lettuce, green onions, and coriander over 135 m², irrigated with fish culture water. The model demonstrates technical viability for the integrated production of fish and vegetables, reducing the dependence on external inputs and contributing to food security.

Keywords: family aquaculture, circular economy, precast mortar panels, water recirculation.

Resumen - Piscicultura en el Sistema Integrado de Producción de Alimentos: del tanque de placas a la integración vegetal

El Sistema Integrado de Producción de Alimentos (SIPA) se fundamenta en el reaprovechamiento del agua, los residuos sólidos y los nutrientes generados en la piscicultura como recursos productivos. Este artículo describe la implantación y el manejo de un arreglo desacoplado del SIPA, organizado en tres flujos operacionales: agua, residuos y nutrientes. El sistema está compuesto por un tanque circular de placas

Trabalho realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasil. Processo nº 134379/2025-0.

**Autor Correspondente L. A. de Oliveira: lucasataide@ufpr.br

prefabricadas de mortero (volumen útil de 9,88 m³), un sedimentador triangular externo y un sistema simplificado de recirculación de agua (RAS), que incluye biofiltro flotante, filtro de sólidos y bombas sumergibles. Los residuos retenidos en el sedimentador se destinan al compostaje y el vermicompostaje con *Eisenia andrei* para la producción de humus, que se incorpora a los canchales de cultivo vegetal. El artículo detalla las etapas constructivas, los componentes del RAS, el montaje del compostero y del lombricario, el manejo alimentario de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y la planificación escalonada de la siembra de hortalizas. Como ejemplo práctico, se presenta una unidad de agricultura familiar urbana con producción escalonada de lechuga, cebollín y cilantro en 135 m², irrigada con agua del cultivo de peces. El modelo demuestra viabilidad técnica para la producción integrada de pescado y hortalizas, con reducción de la dependencia de insumos externos y contribución a la seguridad alimentaria.

Palabras clave: acuicultura familiar, economía circular, placas prefabricadas, recirculación de agua.

Visão geral do Sistema Integrado de Produção de Alimentos (SIPA) e princípios de sustentabilidade

O SIPA fundamenta-se na premissa de que a água, os sólidos e os nutrientes provenientes da piscicultura devem ser gerenciados como recursos produtivos, e não apenas como resíduos a serem descartados. Nessa abordagem, a sustentabilidade é compreendida como a capacidade de organizar a produção para reaproveitar recursos internos e reduzir a dependência de insumos externos, sem abdicar do manejo técnico rigoroso. Assim, em sistemas de recirculação, a água é reutilizada continuamente, enquanto parte dos sólidos em suspensão, formado principalmente por fezes e restos de ração, é removido em unidades de sedimentação, reduzindo a carga orgânica nos tanques e permitindo o aproveitamento produtivo desse material (Timmons & Ebeling, 2013; Verma et al., 2023).

Em arranjos integrados, os sólidos retidos no sedimentador podem ser destinados à compostagem, etapa em que a matéria orgânica é estabilizada. O material obtido nesse processo pode ser utilizado na vermicompostagem, como substrato para a ação das minhocas, que promovem sua transformação em vermicomposto, produto orgânico comumente chamado de húmus. Esse encadeamento favorece a reciclagem interna de nutrientes e contribui para reduzir a dependência de insumos externos (Ministério do Meio Ambiente, 2017; Schiedeck et al., 2014).

Assim, no SIPA, o aproveitamento da água, dos resíduos sólidos e dos nutrientes não depende, necessariamente, de um circuito hidráulico contínuo entre a produção de peixes e a produção vegetal. Nesse tipo de arranjo, a água e os sólidos removidos do sistema aquícola podem ser destinados a usos posteriores, como a adubação de plantas, a compostagem e a vermicompostagem. Na aquaponia, por outro lado, a integração ocorre de maneira mais direta, com circulação contínua da água entre os tanques de peixes, as unidades de filtração e o cultivo vegetal, antes de seu retorno ao sistema de criação (Queiroz et al., 2017; Somerville et al., 2014).

Desse modo, o SIPA pode ser compreendido como um arranjo desacoplado, cujo funcionamento se organiza em três fluxos principais: água, resíduos e nutrientes. O fluxo de água está relacionado à circulação e ao reaproveitamento hídrico, enquanto os fluxos de resíduos e nutrientes envolvem a remoção, o tratamento e o redirecionamento dos materiais gerados no cultivo de peixes para outras etapas produtivas (Figura 1). Essa organização facilita o planejamento do manejo, o acompanhamento das rotinas operacionais e a identificação de falhas que possam comprometer o funcionamento do sistema.

Figura 1. Representação visual dos três fluxos do sistema (Elaborada pelo autor, com auxílio de DALL·E).



A partir desses três fluxos, o arranjo pode atender a diferentes objetivos, embora com exigências operacionais distintas. No uso familiar, tende a funcionar melhor quando se priorizam simplicidade estrutural e rotina constante de manejo. Em ações de formação, a ênfase recai sobre a demonstração clara das etapas e a repetição das práticas operacionais. Já na comercialização, aumentam as exigências de regularidade e controle, pois falhas no bombeamento, na aeração, nas tubulações ou no funcionamento dos sedimentadores podem comprometer o desempenho do sistema e gerar perdas financeiras. Em todos esses contextos, permanecem como limitações do modelo a necessidade de manejo frequente e a dependência do funcionamento contínuo do sistema de recirculação.

PONTO CRÍTICO - A estabilidade do SIPA depende do manejo contínuo dos fluxos de água, sólidos e nutrientes. Quando esses fluxos não são acompanhados adequadamente, o funcionamento do sistema pode ser comprometido.

Planejamento da implantação e seleção do local

Antes de comprar os materiais necessários aos componentes do SIPA, é fundamental definir corretamente o local de implantação, pois essa escolha interfere diretamente na montagem, no funcionamento e nos custos do sistema. A ausência de condições adequadas na área de construção pode gerar gastos adicionais com nivelamento do terreno, drenagem do solo, instalação de sombreamento e ampliação da rede elétrica. Por isso, a seleção do local deve ser feita com base nas condições físicas e operacionais exigidas pela integração.

Nesse sentido, recomenda-se garantir uma área com: **(a)** acesso seguro à energia elétrica para bombas e outros equipamentos; **(b)** possibilidade de abastecimento de água por rede pública, poço ou cisterna; **(c)** terreno firme e plano; **(d)** proteção contra alagamentos; **(e)** possibilidade de instalação de tela de sombreamento; e **(f)** controle do acesso de crianças e animais domésticos.

Além das condições básicas do local, o planejamento do espaço deve prever áreas específicas para os cultivos vegetais e para as estruturas de compostagem e minhocultura. Esse arranjo deve contribuir para reduzir a distância de transporte de composto e vermicomposto até os canteiros, além de proporcionar uma rotina de trabalho mais eficiente. Assim, a disposição dessas estruturas no terreno também se torna um fator importante para o bom funcionamento do SIPA (Figura 2).



Figura 2. Disposição adequada das estruturas do Sistema Integrado de Produção de Alimentos (SIPA no terreno (Elaborada pelo autor, com auxílio de DALL·E).

Por sua vez, o *layout* da piscicultura deve ser planejado para facilitar atividades diárias e semanais, como: (a) a alimentação e a observação do comportamento dos peixes; (b) a limpeza do sedimentador; e (c) a manutenção das bombas. Para isso, é indispensável definir onde serão armazenados a ração, os materiais de manejo e de manutenção. Também devem ser definidos o percurso do operador durante as inspeções e o trajeto de retirada e destinação dos sólidos do sedimentador. Com esse mapeamento logístico, reduzem-se deslocamentos desnecessários, evitam-se mudanças improvisadas de percurso e torna-se mais eficiente a execução das rotinas de manejo.

A partir desse planejamento inicial, recomenda-se estruturar as compras necessárias à implantação do SIPA. Conforme apresentado na Figura 3, uma forma prática de conduzir essa etapa é agrupá-las em três categorias: (a) materiais de construção, (b) itens de operação e (c) insumos do ciclo produtivo.



Figura 3. Agrupamento das compras necessárias à implantação do SIPA (Elaborada pelo autor, com auxílio de DALL·E).

Em complemento ao planejamento das compras, recomenda-se programar a implantação de modo que as etapas de execução e a definição de responsabilidades estejam claramente estabelecidas desde o início (Figura 4). Essa iniciativa reduz falhas de comunicação entre os envolvidos na implantação do sistema, evita erros de construção e favorece o acompanhamento técnico.

Construção do tanque de placas e sedimentador

O tanque circular de placas é uma solução robusta e relativamente rápida de ser montada. As placas podem ser fabricadas especialmente para essa finalidade no próprio local de construção do tanque, com uso de concreto convencional ou argamassa forte. A replicabilidade do tanque começa pela confecção da forma, pois é ela que garante o padrão dimensional das placas.

No modelo apresentado, a placa é moldada em forma de “metalon”, com medidas internas de 85,0 cm (comprimento) × 57,50 cm (largura) × 3,0 cm (espessura), respeitando a curvatura necessária para o fechamento do círculo (Figura 5). Na prática, essa curvatura pode ser obtida a partir do desenho de uma circunferência de 4,40 m de diâmetro, da qual se marca um segmento correspondente a 57,5 cm. Com base nessa marcação, dois pedaços de “metalon” de mesmo tamanho são dobrados para acompanhar a curvatura e, em seguida, soldados a barras retas para a formação da forma. Esse procedimento pode ser realizado em serralheria ou na própria unidade.



Figura 4. Etapas de implantação e definição de responsabilidades no SIPA (Elaborado pelo autor com auxílio de DALL·E).

NOTA - Antes da construção do SIPA, avalie se o local comporta a disposição das estruturas e as áreas de apoio.

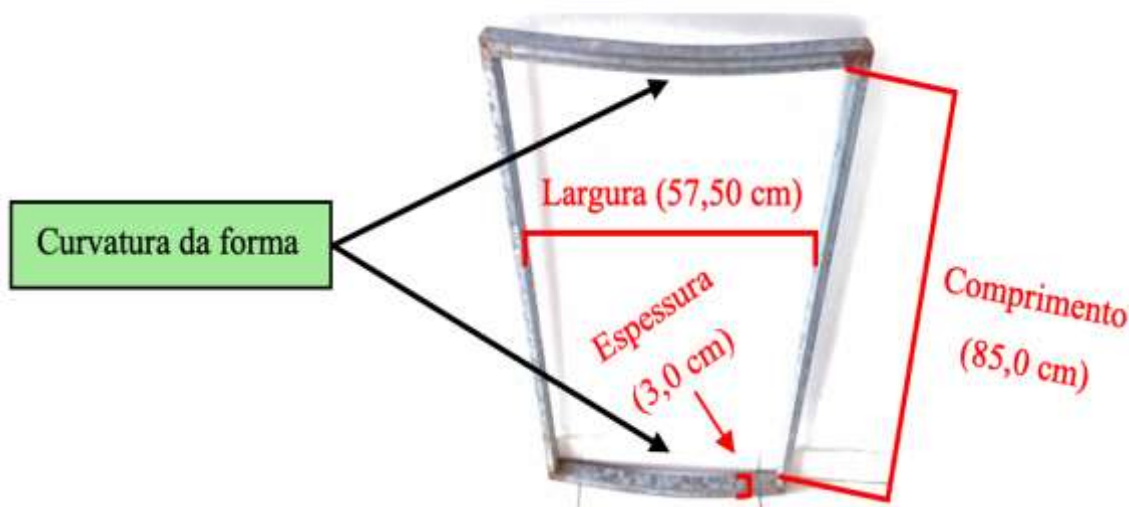


Figura 5. Forma em “metalon” (Fonte: acervo pessoal do autor).

A partir dessa forma, torna-se possível construir o tanque circular. Esse formato não representa apenas uma solução construtiva, mas também apresenta vantagens operacionais e hidrodinâmicas em relação ao tanque retangular, pois favorece uma circulação mais uniforme da água, reduz o acúmulo de resíduos e facilita a limpeza.

Além dessas características, o dimensionamento do tanque deve considerar suas medidas internas e o volume efetivamente disponível para operação. Para o tanque circular em questão, considera-se raio interno aproximado de 2,20 m, diâmetro de cerca de 4,40 m e altura interna de 0,70 m, o que corresponde a uma capacidade máxima em torno de 10,64 m³. Entretanto, para fins operacionais, o volume útil deve considerar a borda livre e o nível de água adotado no manejo. Nesse caso, adotando-se uma coluna d'água de 0,65 m, o volume útil é calculado pela expressão do volume do cilindro:

$$Vu = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Em que:

Vu = volume útil do tanque;

π = constante matemática, adotada como 3,1416;

r = raio interno do tanque, correspondente a 2,20 m;

h = altura da coluna d'água, correspondente a 0,65 m.

Substituindo-se os valores, obtém-se:

$$Vu = 3,1416 \cdot (2,20)^2 \cdot 0,65 = 9,88 \text{ m}^3$$

Conhecer e respeitar esse volume operacional é indispensável para o funcionamento adequado do tanque e para a preservação de sua vida útil (Guilherme et al., 2019).

Associado hidraulicamente ao tanque, o sedimentador compõe a estrutura construtiva responsável pela separação inicial dos sólidos presentes na água. No modelo apresentado, sua eficiência depende da correta disposição em relação ao tanque, da vedação das placas, do nivelamento da estrutura e da geometria que favorece a redução da velocidade da água e a deposição dos sólidos. Por isso, sua execução deve garantir acesso para limpeza e retirada periódica do material acumulado.

Por fim, como a durabilidade e a segurança construtiva do conjunto formado pelo tanque e pelo sedimentador dependem da qualidade dos materiais empregados, recomenda-se atenção aos procedimentos de preparo e controle das misturas cimentícias e à qualidade dos agregados, conforme normas técnicas aplicáveis, como a ABNT NBR 12655 e a ABNT NBR 7211 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022a, 2022b).

NOTA - Para mais orientações sobre a confecção da forma metálica e a fabricação das placas pré-moldadas, acesse o link: <https://www.youtube.com/watch?v=qjwJDqVsZzk>

Etapas recomendadas (construção do tanque de placas)

- 1) **Preparação do terreno e marcação do círculo** – Verifique o nivelamento do local escolhido com mangueira de nível ou nível a laser antes da instalação da ferragem e da concretagem. Em seguida, marque o centro do tanque e, a partir desse ponto, trace no solo um círculo com raio interno aproximado de 2,20 m (Figura 6).

Figura 6. Marcação da circunferência do tanque (Fonte: acervo pessoal do autor).



- 2) **Montagem das paredes com placas e pilares** – Instale 24 placas pré-moldadas com curvatura compatível com o raio de 2,20 m. As placas devem ser fabricadas com argamassa forte no **traço 3:1**, composta por areia grossa e cimento *Portland*, com adição de água até obter consistência de pasta firme. Entre as placas, construa 24 pilares com a mesma argamassa, incorporando treliças internas de 1,0 m (dimensões: $\varnothing 6,3 \text{ mm} \times \varnothing 4,2 \text{ mm} \times \varnothing 4,2 \text{ mm}$). Essas treliças devem ficar integradas ao fundo do tanque, com cerca de 0,30 m ancorados no subsolo. Durante o processo de montagem das paredes, devem ser verificados o prumo, o alinhamento e o travamento do conjunto. Essas verificações são necessárias para evitar desvios, desnivelamentos e instabilidade estrutural, que podem comprometer a montagem do tanque. Também deve ser feita a vedação das uniões entre placas e pilares com argamassa forte, realizando-se o acabamento com esponja úmida para reduzir falhas superficiais e pontos de vazamento. Com esses cuidados, asseguram-se a estabilidade das paredes e a integridade do tanque (Figura 7).

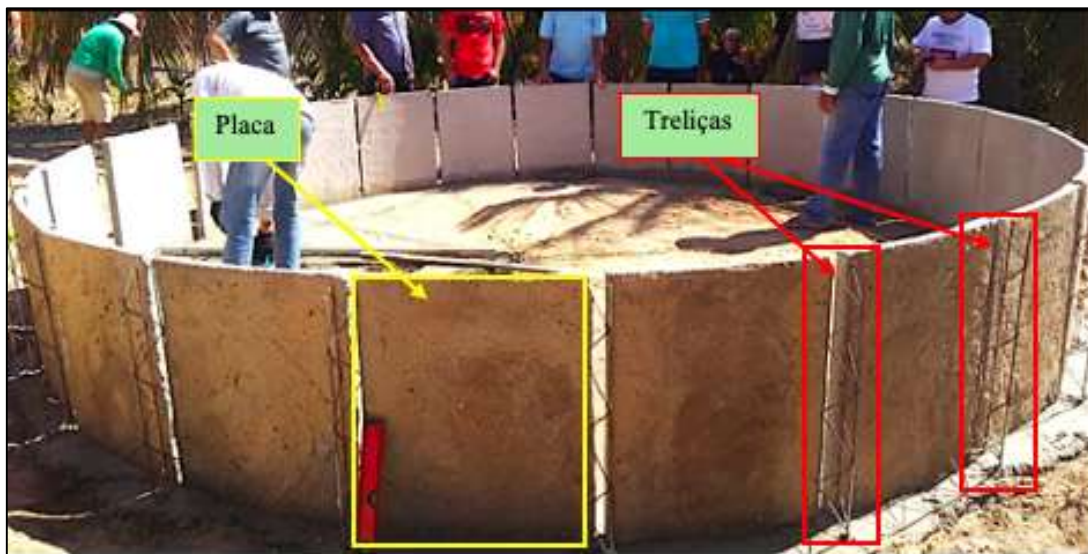


Figura 7. Montagem, alinhamento e travamento de placas e pilares (Fonte: acervo pessoal do autor).

- 3) **Montagem da ferragem do contrapiso** – Monte anéis concêntricos de vergalhão $\varnothing 4,2 \text{ mm}$, espaçados cerca de 30 cm. Amarre os anéis com arame e fixe o conjunto sobre ferragens longitudinais, utilizando 4 ou 5 barras de vergalhão $\varnothing 4,2 \text{ mm}$ com 4,60 m de comprimento. Com a armação pronta, recomenda-se posicionar calços de pedra nas interseções da ferragem para garantir um distanciamento de cerca de 2 cm em relação ao solo, assegurando o cobrimento adequado do ferro pela argamassa forte (Figura 8).



Figura 8. Ferragem do fundo do tanque (Fonte: acervo pessoal do autor).

4)

- 5) **Contrapiso (fundo do tanque)** – O preparo da argamassa forte deve obedecer ao traço 3:1, com areia grossa e cimento *Portland*. Lance o material e nivele o fundo com espessura de cerca de 4 cm, garantindo que a ferragem fique recoberta (Figura 9). Faça o acabamento com esponja úmida para reduzir falhas superficiais e possíveis pontos de infiltração.

Figura 9. Execução do fundo do tanque (Fonte: acervo pessoal do autor).



- 6) **Construção do sedimentador externo** – Construa o sedimentador em formato triangular, utilizando três placas de argamassa forte (Figura 10). Durante a montagem, confira o nivelamento do sedimentador em relação ao tanque, de modo que as duas estruturas permaneçam no mesmo nível operacional. Faça a vedação das junções entre as placas com argamassa forte e o acabamento com esponja úmida, para reduzir falhas superficiais e pontos de vazamento. Preveja acesso ao entorno da estrutura para facilitar a limpeza e a retirada periódica dos sólidos acumulados.

Figura 10. Sedimentador triangular construído com placas (Fonte: acervo pessoal do autor).



- 7) **Cura e teste de vedação** – Realize a cura da estrutura, mantendo sua umidade e protegendo o fundo e as paredes da incidência direta do sol, a fim de evitar o ressecamento e o aparecimento de rachaduras. Após 24 horas de cura inicial, inicie o teste de vedação com enchimento gradual do tanque, observando a ocorrência de vazamentos. Caso seja identificado escape de água, esvazie o tanque, corrija os pontos comprometidos com argamassa forte e repita o teste antes de iniciar efetivamente a operação. A Figura 11 apresenta o tanque já em operação, com todos os componentes construídos e o teste de vedação finalizado.



Figura 11. Vista geral do tanque em operação (Fonte: acervo pessoal do autor).

PONTO CRÍTICO - A cura influencia diretamente a vedação do tanque. Se a estrutura ressecar nas primeiras 24 horas, podem surgir rachaduras e pontos de vazamento no primeiro enchimento.

Recirculação, filtragem e aeração: montagem e operação

Em sistemas intensivos de aquicultura, a alimentação aumenta rapidamente a carga orgânica e nitrogenada da água. Como consequência, quando não há aeração adequada nem remoção de sólidos, o oxigênio dissolvido pode cair e a amônia pode se acumular. Essas alterações comprometem a qualidade da água e podem resultar na mortalidade dos peixes (Queiroz et al., 2021; Timmons & Ebeling, 2013).

Diante desses problemas, o sistema de recirculação de água (RAS) surge como alternativa, pois combina etapas de remoção de sólidos e de conversão da amônia. No RAS, parte da matéria orgânica particulada, formada principalmente por fezes e restos de ração, é retirada por unidades de sedimentação e filtração. Ao mesmo tempo, em condições aeróbias, a biofiltração promove a nitrificação, convertendo a amônia em compostos menos tóxicos, o que contribui para a manutenção da qualidade da água. Apesar desses benefícios, trata-se, em geral, de um sistema considerado complexo e de custo elevado.

A partir dessa abordagem, este trabalho apresenta uma configuração simplificada do sistema de recirculação de água como alternativa ao alto custo geralmente associado a esse tipo de tecnologia. O arranjo adotado inclui um sedimentador externo para decantação, um filtro de sólidos, um biofiltro e bombas submersas de uso comum em aquários. Com isso, busca-se viabilizar o uso da recirculação a baixo custo, ampliando sua aplicação prática na produção de alimentos.

Componentes previstos (sistema de recirculação)

- **Bomba submersa 220 V ou 127 V (3 unidades):** vazão aproximada de 1.950 L/h, coluna d'água de 2,1 m e consumo de 30 W (Figura 12). Duas bombas são destinadas à operação contínua, sendo uma para o retorno da água do sedimentador ao biofiltro e outra para a aeração/circulação interna. A terceira deve permanecer como reserva.

Figura 12. Exemplo de modelo de bomba submersa que atende às especificações (Fonte: Grupo Sarlo, 2019).



- **Biofiltro bacteriano:** montado sobre plataforma flutuante de tubos de PVC e garrafas PET, utilizando balde plástico de 16 L preenchido com 1 kg de corda de polipropileno (PP) desfiada como suporte bacteriano. O conjunto completo, o detalhe do material desfiado e sua disposição interna no recipiente podem ser observados nas Figuras 13a, 13b e 13c.

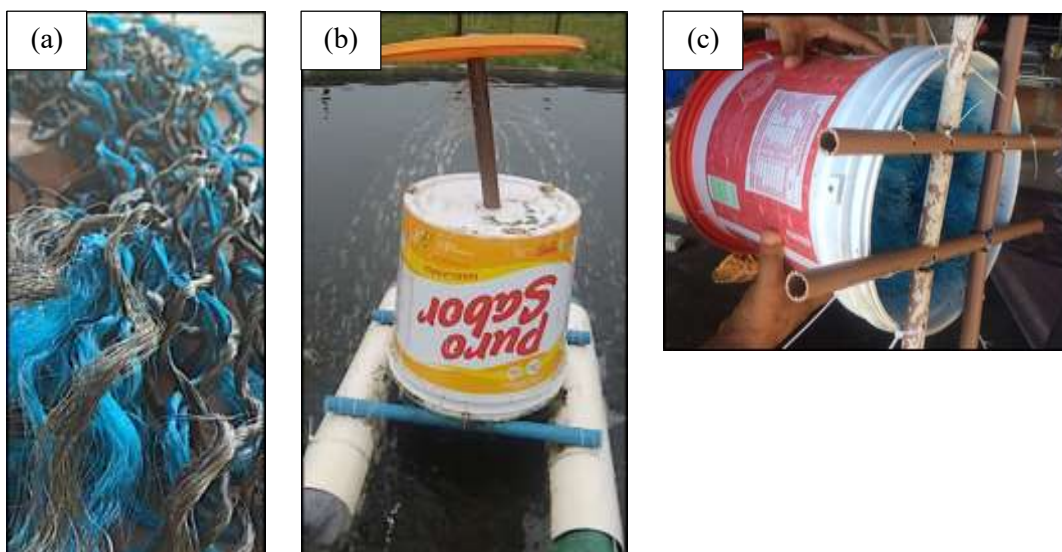


Figura 13. Biofiltro bacteriano: (a) montagem sobre flutuante; (b) cordas de PP; (c) interior do balde.
(Fonte: acervo pessoal do autor).

- **Filtro de sólidos:** apresenta construção e especificações técnicas idênticas às do biofiltro, porém sem a plataforma flutuante, conforme demonstrado no *item 1 das etapas recomendadas (sistema de recirculação)*.
- **Sedimentador:** externo com acesso superior, conforme detalhado no *item 5 das etapas recomendadas (construção do tanque de placas)*.
- **Sifão:** confeccionado com mangueira de PVC de 1 1/2", conforme detalhado no *item 2 das etapas recomendadas (sistema de recirculação)*.

Etapas recomendadas (sistema de recirculação)

- 1) **Instalação do filtro de sólidos** – Posicione o filtro de sólidos de forma a receber a água que chega ao sedimentador (Figura 14). O objetivo é reter partículas orgânicas maiores e facilitar sua remoção manual. Preveja espaço de acesso ao redor da estrutura para facilitar a retirada e a lavagem do elemento de retenção.

Figura 14. Filtro de sólidos e bomba submersa instalados adequadamente dentro do sedimentador (Fonte: acervo pessoal do autor).



- 2) **Condução da água do tanque ao sedimentador (saída)** – Instale-se o sifão (mangueira de PVC 1 1/2") direcionando a água do tanque para o sedimentador externo (Figura 15). Garanta fixação e vedação para evitar entrada de ar e perda do sifonamento.

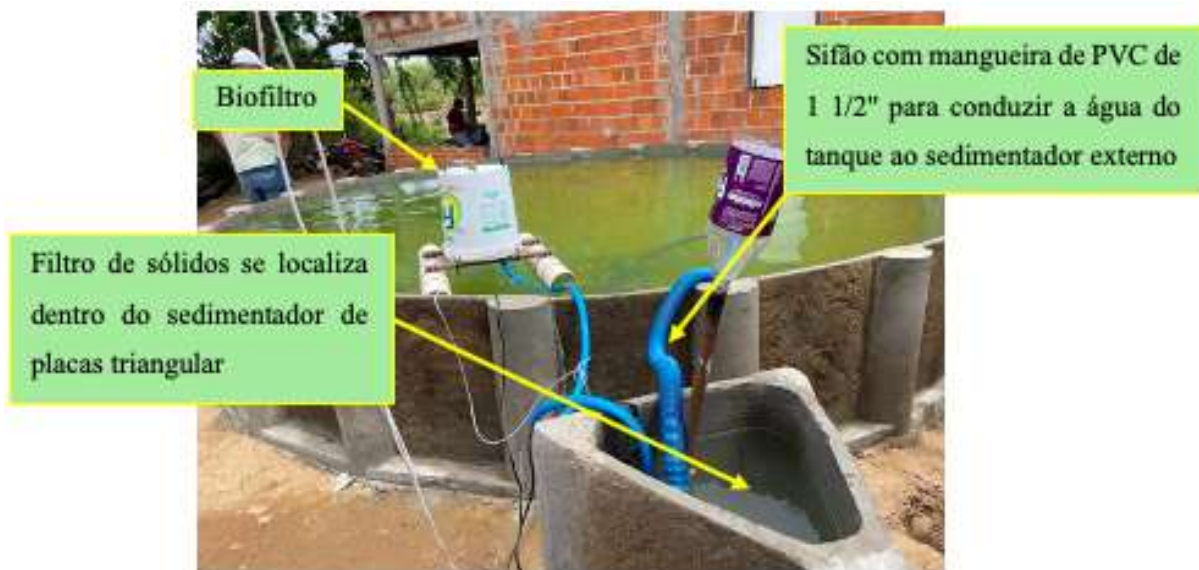


Figura 15. Detalhamento do tanque e sedimentador externo (Fonte: acervo pessoal do autor).

- 3) **Posicionamento do biofiltro flutuante** – O biofiltro deve ser colocado na superfície da água com estabilidade suficiente para não tombar sob ação do vento ou da movimentação da água (Figura 15).
- 4) **Bombeamento de retorno** – Instale uma bomba submersa no sedimentador para enviar a água do seu interior ao biofiltro flutuante instalado no tanque, por meio de “mangueira de jardim” de 25 mm (Figura 14). Após atravessar o substrato de cordas, a água retorna ao tanque por gravidade e, em seguida, escoar novamente para o sedimentador pela mangueira de PVC de 1 1/2", conforme o princípio dos vasos comunicantes.
- 5) **Aeração e circulação interna** – A bomba de aeração/circulação deve ser fixada na parte superior de uma estrutura de suporte composta por base de concreto e tubo de PVC. A base consiste em um bloco de concreto convencional com cerca de 10,0 cm de raio e 10,0 cm de altura, no qual deve ser fixado um tubo de PVC marrom de 25 mm, projetado de 25,0 a 40,0 cm acima do bloco. Na extremidade superior do tubo, deve ser instalada uma conexão em “T” para fixação da bomba e da tela de proteção (Figura 16). Essa estrutura mantém a bomba posicionada e estável durante a operação. Quando em funcionamento, o equipamento mantém a água em circulação e direciona a matéria orgânica para o centro do tanque, facilitando sua remoção pelo sifão. Além disso, a bomba promove a aeração da água ao permitir, por efeito *Venturi*, a entrada de ar por uma mangueira adaptada ao sistema.
- 6) **Bomba reserva e peças de reposição** – Tenha sempre à disposição uma bomba reserva, testada e pronta para substituir imediatamente qualquer bomba em operação com defeito. Além disso, garanta um estoque de peças de reposição essenciais, como coxins, eixos e anéis de vedação (Figura 17).

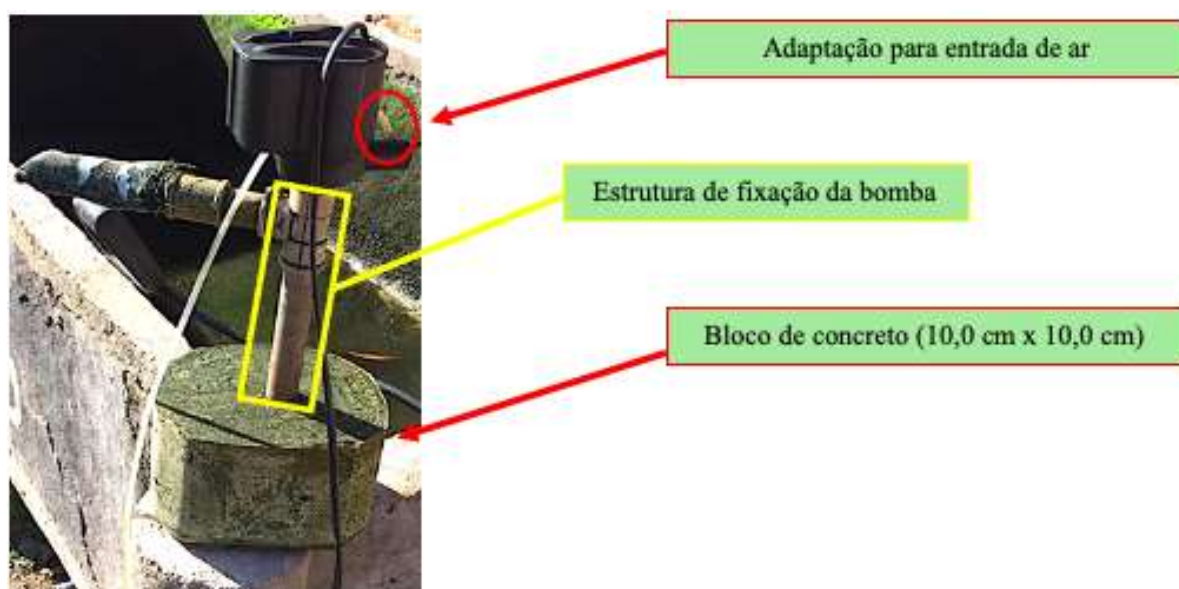


Figura 16 Detalhamento da base de concreto, da estrutura de fixação e da adaptação para entrada de ar da bomba de aeração/circulação (Fonte: acervo pessoal do autor).

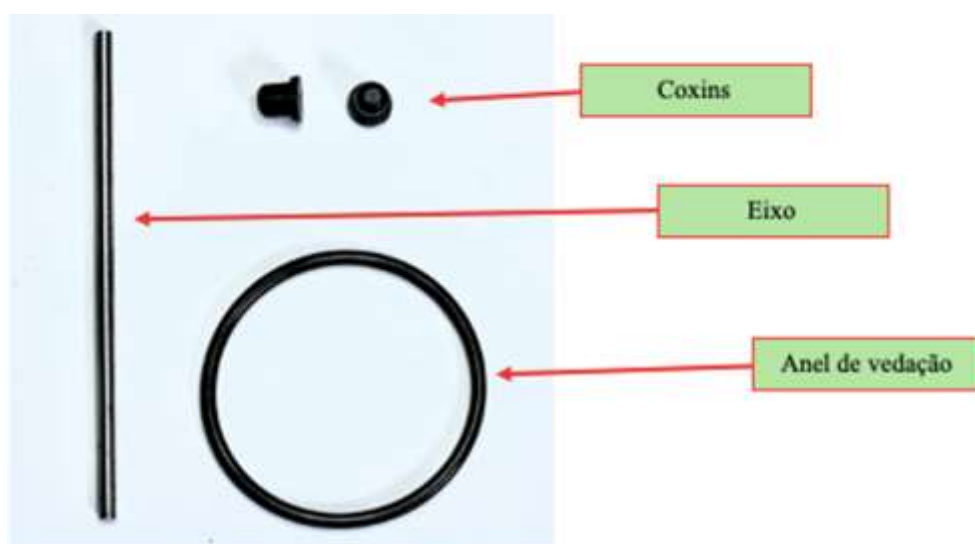


Figura 17: Peças de reposição essenciais (Fonte: acervo pessoal do autor).

ALERTA - Em sistemas de recirculação, falhas no fornecimento de energia ou na aeração podem provocar mortalidade de peixes em poucas horas.

Proteja conexões elétricas contra umidade e estabeleça um procedimento de resposta à falta de energia (Ex.: acionamento de gerador de energia ou suspensão da oferta de ração aos peixes).

Compostagem e minhocultura: produção de adubo e integração vegetal

A compostagem é um processo biológico de decomposição controlada de resíduos orgânicos. Quando conduzido adequadamente, contribui com a redução do volume de resíduos, o controle de odores indesejáveis e a produção de um composto estável com potencial de uso como adubo. Para que esse processo ocorra de forma eficiente, o manejo deve assegurar condições favoráveis à atividade microbiana. Entre essas condições, destaca-se a combinação equilibrada de materiais ricos em carbono (Ex.: folhas secas ou podas), com materiais ricos em nitrogênio, como restos orgânicos de cozinha ou esterco bovino. Desse modo, a compostagem constitui uma alternativa prática para o aproveitamento de materiais orgânicos e para a melhoria das condições do solo em sistemas de produção (Ministério do Meio Ambiente, 2017).

Como etapa subsequente a esse processo, o material previamente compostado pode ser destinado à minhocultura, ou vermicompostagem, prática de baixo custo e bem adaptada à pequena escala (Schiedeck et al., 2014). Nessa etapa, utilizam-se exemplares de *Eisenia andrei* Bouché, 1972, popularmente conhecida como vermelha da Califórnia, para favorecer a transformação do material em húmus. Como resultado, obtém-se um fertilizante orgânico de elevado valor agrônômico e comercial.

No contexto do SIPA, o sedimentador permite remover restos de ração e fezes da água, reduzindo a carga de resíduos gerada no cultivo dos peixes. Com capacidade de retirar cerca de 3,0 kg de sólidos orgânicos por semana, esse equipamento concentra material orgânico com potencial para compor a pilha de compostagem junto a outras fontes nitrogenadas (Ex.: esterco de gado). Desse modo, parte da carga orgânica proveniente da piscicultura é convertida em insumo para os cultivos vegetais integrados ao sistema, favorecendo o fechamento do ciclo de nutrientes.

Componentes previstos (composteira)

Composteira com dimensões de 6,00 m de comprimento por 5,00 m de largura, instalada sobre base preparada e com estrutura simples para sombreamento (Figura 18).

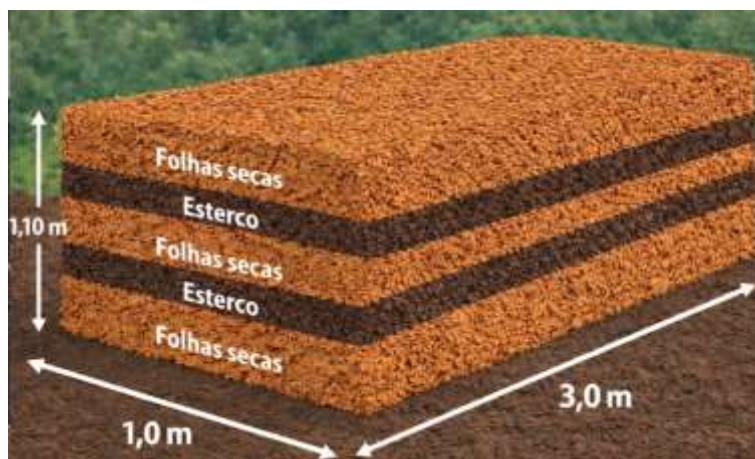
Figura 18. Representação da composteira sombreada (Elaborada pelo autor, com auxílio de DALL·E).



Etapas recomendadas (composteira)

- 1) **Preparação da base** – Distribua diretamente sobre o solo cimento *Portland* e cal hidratada, na proporção de 5,0 kg de cimento e 2,5 kg de cal hidratada por m². Em seguida, revire essa mistura com o próprio solo até obter uma camada homogênea. Após essa etapa, umedeça o material e realize a compactação com soquete manual, de modo a formar uma base firme e durável.
- 2) **Montagem da estrutura de sombreamento** – Fixe os barrotes de madeira no solo e estique os arames que irão sustentar a tela de sombreamento, garantindo estabilidade e bom tensionamento da estrutura.
- 3) **Instalação da tela** – Aplique a tela de sombreamento, tencionando-a e fixando-a adequadamente para evitar rasgos, folgas e perda de proteção da área de compostagem.
- 4) **Operação da compostagem** – Organize as pilhas de compostagem com aproximadamente 1,0 m de largura e 3,0 m de comprimento. Na montagem da pilha, deve-se iniciar com uma camada de aproximadamente 30 cm de folhas secas, sobre a qual deve ser disposta uma camada de cerca de 10 cm de esterco. Essa alternância deve ser mantida sucessivamente até atingir cerca de 1,10 m de altura (Figura 19). Também é necessário manter a umidade adequada, evitando o excesso de água, pois o encharcamento reduz a aeração do material em compostagem e prejudica a decomposição. Além disso, deve-se realizar a viragem periódica da pilha, preferencialmente a cada 15 dias, para restabelecer sua oxigenação e favorecer a continuidade da decomposição. Com esse manejo, o composto tende a ficar pronto para uso em aproximadamente 45 dias.

Figura 19: Configuração de montagem da pilha de compostagem (Elaborada pelo autor, com auxílio de DALL·E).



Componentes previstos (minhocário)

O minhocário pré-fabricado em madeira (Figura 20) é destinado a proporcionar ambiente adequado à espécie *Eisenia andrei*. Por constituir uma estrutura coberta e suspensa, oferece proteção contra a incidência direta do sol, o excesso de chuva e a ação de predadores, principalmente formigas e roedores. Essa configuração também contribui para reduzir a exposição a variações bruscas de temperatura, o que favorece o crescimento e a reprodução das minhocas.

Figura 20. Representação do minhocário pré-fabricado em madeira (Elaborada pelo autor, com auxílio de DALL·E)



Etapas recomendadas (minhocário)

- 1) **Estrutura e estrado** – Monte a estrutura do minhocário com barrotes de madeira e forme o estrado com ripas, garantindo o nivelamento e a ventilação adequada na base.
- 2) **Cobertura e proteção lateral** – Posicione a cobertura de telha e proteja as laterais e o estrado com tela de sombreamento, de modo a reduzir a incidência direta de sol, o excesso de chuva e a entrada de predadores.
- 3) **Fixação e montagem** – Faça a fixação dos componentes estruturais e dos elementos de proteção com pregos e parafusos, assegurando estabilidade, resistência e durabilidade ao conjunto.
- 4) **Povoamento e manejo inicial** – Povoie o minhocário com casulos e/ou minhocas da espécie *Eisenia andrei*. Inicie a oferta de alimento com material orgânico previamente compostado, oriundo da composteira.

BOAS PRÁTICAS - Evitar na composteira o uso de resíduos orgânicos ácidos, gordurosos ou salgados.

Integração vegetal (exemplo prático)

Em uma unidade de agricultura familiar localizada na zona urbana de Parnaíba-PI, mantinha-se um SIPA com 800 tilápias-do-nylo distribuídas em dois tanques de cultivo. Ao final de um ciclo de três meses, os peixes atingiam peso médio individual de aproximadamente 300 g e consumiam cerca de 290 kg de ração. Ao longo da criação, esse manejo alimentar contribuía para o acúmulo contínuo de matéria orgânica e nutrientes na água dos tanques. Como resultado, a água proveniente da piscicultura era direcionada aos canteiros do sistema produtivo, onde atuava como fonte complementar de nutrientes. Sua aplicação ocorria geralmente duas vezes ao dia ou conforme a demanda das culturas.

Nesses canteiros, o cultivo das hortaliças era realizado em uma área total aproximada de 135 m². Na distribuição mais frequente, dois canteiros eram destinados à alface, quatro à cebolinha e três ao coentro. Como substrato dos canteiros, o produtor utilizava composto orgânico preparado no próprio local, com esterco animal adquirido externamente, folhas secas e palhada coletadas na propriedade. Portanto, esse arranjo integrado sustentava o manejo contínuo da produção vegetal ao longo do ciclo.

Após a colheita de um canteiro, o plantio era reiniciado no mesmo espaço. Paralelamente, a colheita prosseguia no canteiro seguinte, mantendo a oferta de hortaliças de forma escalonada. Em média, cada canteiro produzia cerca de 225 pés de alface, 450 touceiras de cebolinha ou 330 maços de coentro. Diante disso, os valores obtidos evidenciaram a viabilidade do sistema integrado para a produção simultânea de pescado e hortaliças, com contribuição para a segurança alimentar e o incremento da renda familiar (Figuras 21a e 21b).

Figura 21. SIPA em unidade de agricultura familiar urbana: (a) canteiro de cebolinha e tanque de cultivo de tilápias-do-nylo; (b) comercialização dos vegetais produzidos (Fonte: acervo do autor).



Manejo de peixes, sementes e plantio: rotina operacional e avaliação de desempenho

A tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) destaca-se entre as espécies mais utilizadas em sistemas intensivos e integrados devido à sua rusticidade, capacidade de adaptação e boa aceitação no mercado. No entanto, seu cultivo exige atenção ao oxigênio dissolvido, ao manejo alimentar e à qualidade da água. Esses fatores afetam diretamente o desempenho produtivo e o equilíbrio do sistema, por isso seu acompanhamento é essencial ao longo do ciclo produtivo dos peixes.

Diante dessas exigências, devem ser definidos no planejamento da criação: **(a)** a quantidade de alevinos; **(b)** a biometria inicial; **(c)** a taxa de sobrevivência esperada dos alevinos; **(d)** o manejo alimentar; e **(e)** o peso final de abate pretendido. Entre esses elementos, o manejo alimentar merece atenção especial em sistemas com recirculação simplificada, pois o excesso de ração aumenta a carga orgânica, favorece o acúmulo de amônia e reduz a disponibilidade de oxigênio dissolvido. Por essa razão, o cronograma alimentar deve ser executado com observação constante e controle rigoroso ao longo da criação, a fim de manter a oferta de ração compatível com a capacidade de suporte do sistema e evitar alterações na qualidade da água.

Nesse contexto, a gestão do cultivo não deve se limitar ao cumprimento básico de tarefas, mas à interpretação dos sinais emitidos pelo sistema ao longo do ciclo. Alterações no consumo de ração, no comportamento dos peixes ou no aspecto da água podem indicar a necessidade de ajustes antes que ocorram perdas produtivas. Por essa razão, o manejo do cultivo precisa ser organizado de forma padronizada, permitindo comparar observações, reconhecer desvios e adotar correções com maior segurança.

Em paralelo, o uso das sementes e a definição do calendário de plantio devem ser ajustados ao ritmo do ciclo produtivo dos peixes, de modo a compatibilizar a produção vegetal com a oferta de água e nutrientes

gerados no sistema. Com esse alinhamento, a semeadura e o escalonamento do plantio passam a ser conduzidos com maior previsibilidade dentro da rotina do SIPA.

Etapas recomendadas (manejo de peixes)

- 1) Aquisição e transporte (alevinos)** – Exija do fornecedor que os alevinos adquiridos sejam acondicionados em sacos plásticos sobrepostos, com dimensões aproximadas de 50,0 cm × 80,0 cm, preenchidos com 1/3 de água e 2/3 de oxigênio puro. Cada embalagem deve conter até 500 indivíduos, com peso médio entre 0,5 g e 1,0 g (Figura 22). Dessa forma, asseguram-se melhores condições de conforto durante o transporte e maior margem de segurança em caso de intercorrências no percurso, favorecendo a sobrevivência dos animais até a chegada ao destino.

Figura 22. Embalagens de transporte dos alevinos de tilápia-do-nylo (Fonte: acervo do autor).



- 2) Recebimento e soltura (alevinos)** – No momento do recebimento, realize uma conferência inicial das condições dos peixes, verificando a ocorrência de mortalidade na embalagem de transporte. Se a mortalidade inicial ultrapassar 5% do total recebido, informe imediatamente o fornecedor. Caso a mortalidade persista nas próximas 24 horas, os alevinos deverão ser repostos. Em seguida, realize a aclimação e a soltura dos peixes conforme ilustrado na Figura 23.



Figura 23. Etapas de aclimação e soltura dos alevinos no tanque de cultivo (Elaborada pelo autor, com auxílio de DALL·E).

- 3) **Alimentação** - Realizada com ração específica para peixes, formulada com nutrientes balanceados e granulometria do *pellet* compatível com cada fase do cultivo. Nesse sentido, para orientar o arração ao longo da criação, consulte a planilha disponível no link [\[Ração Tilápia\]](#), que indica o manejo alimentar com base no número de peixes informado. Entretanto, quando a temperatura da água de cultivo estiver abaixo de 26 °C, recomenda-se diminuir em 25% a oferta diária de ração. Ainda assim, se houver queda acentuada do consumo ou sobras no tanque, o arração deve ser suspenso temporariamente até que a temperatura da água ultrapasse 26 °C.
- 4) **Rotina operacional** - No manejo diário, deve-se observar o comportamento dos peixes, com atenção à aceitação do alimento e ao padrão natatório. Em condições normais, a ração é consumida, com o mínimo de sobra. Redução do apetite e resto de alimento no tanque podem indicar arração inadequado, que compromete a qualidade da água. Já em relação à natação, os animais devem apresentar distribuição homogênea na coluna d'água, sem aglomeração persistente na superfície nem movimentos descoordenados. Alterações nesse padrão podem indicar deficiência na aeração, elevação da concentração de amônia ou falhas no funcionamento do sistema de recirculação. Por sua vez, como parte do manejo semanal, a matéria orgânica retida no sedimentador deve ser removida, pois sua permanência favorece a formação de compostos potencialmente tóxicos aos peixes. Também é necessário realizar a limpeza dos filtros e das bombas, para prevenir obstruções nas tubulações e preservar a eficiência hidráulica do sistema. Para facilitar a compreensão desse procedimento, assista ao vídeo demonstrativo disponível no link [\[Limpeza Sistema\]](#).

Etapas recomendadas (sementes e plantio)

1. **Sementes** - De boa procedência e com taxa de germinação mínima de 80%, pois a qualidade contribui para maior uniformidade no desenvolvimento das plantas. Uma vez adquiridas, as sementes devem ser armazenadas de forma organizada, com identificação e proteção contra umidade e calor excessivo. Esses cuidados contribuem para reduzir perdas e dar maior segurança ao planejamento produtivo.
2. **Plantio** - Orienta-se a escolha das culturas mais adequadas ao local de implantação do SIPA e ao objetivo de produção. Essa escolha é importante porque nem todas as espécies apresentam bom desempenho nas mesmas condições ambientais, havendo principalmente limitações relacionadas ao clima e à disponibilidade de água. Além disso, o plantio deve seguir o escalonamento previsto para cada cultura. Essa estratégia garante a distribuição da produção e evita a concentração de colheitas em um único período. Para auxiliar nessa organização, consulte a planilha no link [\[Produção Vegetal\]](#), que apresenta sugestões de intervalos de plantio para diversas espécies.

Etapas recomendadas (avaliação de desempenho)

1. **Monitoramento** – Nos primeiros ciclos de produção, recomenda-se buscar acompanhamento técnico junto aos serviços de extensão rural ou a profissionais com formação em ciências agrárias. Esse suporte contribui para a condução adequada do sistema, previne falhas de manejo e favorece ajustes conforme as condições observadas no cultivo. Também é importante registrar os principais eventos relacionados ao manejo, ao desempenho dos lotes de peixes e ao desenvolvimento dos vegetais. Esses registros facilitam a avaliação dos resultados, a identificação de problemas recorrentes e o aperfeiçoamento das decisões ao longo dos ciclos produtivos.

PONTO CRÍTICO - O excesso de ração compromete a qualidade da água e aumenta o risco de mortalidade. Ajuste a oferta de alimento aos peixes e mantenha o sedimentador e o filtro de sólidos limpos.

Cultivo de peixes (exemplo prático)

Em uma unidade demonstrativa com tanque de cerca de 10 m³, foi previsto o povoamento com 150 alevinos de tilápia-do-nilo para um ciclo produtivo de 90 dias. Como exigência para a aquisição, os fornecedores deveriam garantir peixes com peso mínimo de 1,0 g e percentual de machos maior ou igual a 95%.

Quanto ao manejo alimentar, o fornecimento de ração foi planejado em fases semanais, com ajustes progressivos à medida que os peixes se desenvolvessem. Para facilitar a compreensão desse manejo e a compra do insumo, os tipos de ração foram distinguidos pelo diâmetro ($\emptyset$) do *pellet*. Esse critério foi adotado por constituir a principal forma de identificação em casas agropecuárias, especialmente nas situadas em cidades menos desenvolvidas. A planilha disponível no link [\[Ração 150 Tilápias\]](#) apresenta orientações ao produtor quanto ao tipo de ração e à quantidade a ser ofertada de acordo com o número predefinido de peixes.

Considerações finais

A implementação do SIPA consolida uma mudança profunda na gestão dos recursos naturais ao transformar a pequena propriedade em um ecossistema produtivo autossustentável. Ao converter resíduos aquícolas em insumos de alto valor agrônomo, o modelo prova que a integração biológica é o caminho mais eficiente para a autonomia do agricultor familiar. Essa visão sistêmica permite o fechamento do ciclo de nutrientes, reduzindo a vulnerabilidade externa e fortalecendo a segurança alimentar por meio de uma lógica circular de reaproveitamento.

Para que essa dinâmica se mantenha estável, a eficiência do sistema passa a depender diretamente da união entre o rigor construtivo e a execução disciplinada das rotinas de limpeza e manutenção. O monitoramento constante e o registro de dados deixam de ser tarefas secundárias para se tornarem garantias essenciais contra falhas críticas que poderiam comprometer o investimento inicial. Com esse compromisso técnico, o produtor eleva seu patamar de segurança, transformando o manejo manual em um processo de gestão rural profissional e eficiente.

Ao consolidar essa maturidade operacional, a transposição do modelo para múltiplos contextos produtivos torna-se viável por meio da aplicação técnica das etapas integradas. A tecnologia possui a flexibilidade necessária para ser ajustada conforme os objetivos e as condições de infraestrutura de cada localidade. Ao aliar a viabilidade financeira à dignidade do trabalho produtivo, promove-se um padrão que favorece a diversificação alimentar e o desenvolvimento de sistemas resilientes.

Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2022a). *NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2022b). *NBR 7211: Agregados para concreto – Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Guilherme, L.C., Sobreira, R.S., & Oliveira, V.Q. (2019). *Sisteminha Embrapa - UFU - FAPEMIG: sistema integrado de produção de alimentos. Módulo 1: tanque de peixes*. Teresina: Embrapa Meio-Norte.
- Ministério do Meio Ambiente. (2017). *Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos: manual de orientação*. Brasília: MMA.
- Queiroz, J.F., Alves, J.M.C., Losekann, M.E., Frasca-Scorvo, C.M.D., Scorvo Filho, J.D., Ferri, G.H., & Ishikawa, M.M. (2021). *Manejo alimentar e da qualidade da água na produção de tilápia-do-nilo (Oreochromis niloticus)*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente.
- Queiroz, J.F., Freato, T.A., Luiz, A.J.B., Ishikawa, M.M., & Frighetto, R.T.S. (2017). *Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente.
- Schiedeck, G., Schwengber, J.E., Schiavon, G.A., & Gonçalves, M.M. (2014). *Minhocultura: produção de húmus* (2ª ed.). Brasília: Embrapa.
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2014). *Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming*. Rome: FAO.
- Timmons, M.B., & Ebeling, J.M. (2013). *Recirculating Aquaculture* (3ª ed.). Ithaca: Ithaca Publishing Company.
- Verma, A.K., Chandrakant, M.H., John, V.C., Peter, R.M., & John, I.E. (2023). Aquaponics as an integrated agri-aquaculture system (IAAS): Emerging trends and future prospects. *Technological Forecasting and Social Change*, 194, 122709. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122709>

Como citar este artigo:

Oliveira, L.A. (2026). Piscicultura no Sistema Integrado de Produção de Alimentos: do tanque de placas à integração vegetal. *Actapesca*, 24, 164-181.