

Desenvolvimento de protótipo de aerador fotovoltaico aplicado à piscicultura de pequeno e médio porte

Laércio Ferro Camboim, Thiago Brandão dos Anjos, Rafael Sol dos Santos, Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti*

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia. *Campus* de Paulo Afonso. Av. Marcondes Ferraz, 200. Gen. Dutra. Paulo Afonso-BA, Brasil (CEP 48607-000). *E-mail: luiz.cavalcanti@ifba.edu.br.

Resumo. Vários fatores podem interferir na qualidade da água e assim alterar o desempenho dos criatórios de peixes. A oxigenação da água está diretamente ligada à sua qualidade, onde em baixos níveis possui o potencial de elevar as taxas de mortalidade e influenciar diretamente na qualidade de produção dos peixes. O aerador é um aparelho capaz de fazer a incorporação do oxigênio à água de forma forçada, sendo normalmente utilizado pelos piscicultores que visam uma melhor produtividade e aproveitamento do espaço dos tanques. Contudo, parte dos produtores sofrem por não ter fornecimento de energia elétrica na localização dos seus criatórios ou mesmo pelas frequentes quedas no seu fornecimento, ocorrentes nos locais mais distante da rede elétrica. Sendo assim este trabalho visou o desenvolvimento de um aerador constituído principalmente por materiais de baixo custo, que fosse alimentado através de energia solar fotovoltaica. Após a concepção do equipamento, foi realizado um experimento que comparou o oxigênio dissolvido em três tanques, onde apenas um deles estava com peixes em seu interior, porém sem aeração, enquanto os outros dois possuíam condições físicas semelhantes, porém um estava com o aerador instalado e o outro não. O experimento durou 20 h, sendo realizadas medições de oxigênio dissolvido nos três tanques a cada intervalo de 2 h. Foi observado a ação imediata do aerador, bem como a estabilidade e quantidade de oxigênio dissolvido que o mesmo oferece para o tanque na qual está instalado, e a necessidade da aeração forçada em tanques de piscicultura.

Palavras-chave: Aerador fotovoltaico; Energia solar na piscicultura; Piscicultura sustentável.

Abstract. *Development of prototype photovoltaic aerator applied to small and medium-sized fish farming.* Several factors can interfere in the water quality and thus change the performance of the fish farms. Water oxygenation is directly linked to its quality, where at low levels it has the potential to raise mortality rates and directly influence the quality of fish production. The aerator is a device capable of forcedly

Recebido:
03/05/2018

Aceito:
23/07/2018

Publicado:
31/08/2018



Acesso aberto



ORCID

0000-0003-1748-8316
Laércio Ferro
Camboim

0000-0001-8589-1161
Thiago Brandão dos
Anjos

0000-0002-7372-2088
Rafael Sol dos Santos

0000-0003-4932-9387
Luiz Antônio Pimentel
Cavalcanti

incorporating the oxygen into the water, and is normally used by fish farmers aiming at better productivity and utilization of the tank space. However, some of the producers suffer from having no electricity supply in the location of their fish farms or even by the frequent shortages or drops in their supply, occurring in the furthest places of the electric network. Therefore, this work is aimed at the development of an aerator consisting mainly of low-cost materials, powered by photovoltaic solar energy. After the design of the equipment, an experiment was performed that compared the dissolved oxygen in three tanks, where only one of them was with fish inside, however without aeration, while the other two possessed similar physical conditions but just one had the aerator installed. The experiment lasted 20 h, with measurements of oxygen dissolved in each of the three tanks at an interval of 2 h. The immediate action of the aerator has been observed, as well as the stability and amount of dissolved oxygen that it provides for the tank in which it is installed, likewise the need for forced aeration in fish tankers.

Keywords: Photovoltaic aerator; Solar energy in fish farming; Sustainable fish farming.

Introdução

Na piscicultura intensiva, o desenvolvimento dos peixes está diretamente ligado à qualidade da água na qual eles estão sendo cultivados, onde neste tipo de cultura o piscicultor leva em consideração alguns indicadores de qualidade, tomando providências para que os mesmos estejam sempre dentro dos níveis apropriados para uma criação produtiva e eficiente (Melo, 2011). A oxigenação da água é um fator determinante para o cultivo dos peixes, onde em taxas baixas pode levar a um baixo desempenho produtivo além de taxas consideráveis de mortalidade. Então para manter um desenvolvimento eficiente, muitas vezes os criadores optam pelo uso de um aerador, de forma a manter o oxigênio dissolvido na água em um nível adequado para uma boa produção (Garcia, 2014).

O aerador é um equipamento fundamental para a piscicultura, pois uma vez colocado nos reservatórios, possui a finalidade de realizar a incorporação do oxigênio na água nos momentos críticos do dia, além de tornar possível a criação de mais peixes por

metro cúbico e manter ainda o seu desenvolvimento de forma intensiva (Garcia, 2014). Um dos maiores problemas para o piscicultor é garantir a oxigenação da água dos tanques nos níveis adequados para a criação dos peixes mesmo com a utilização de aeradores, pois este equipamento deve se manter sempre em funcionamento. Fatores como quedas de energia, manutenção ou falta de rede elétrica no local dos criatórios que utilizam aeradores movidos a energia elétrica acabam influenciando diretamente na qualidade da produção, sendo assim os produtores vêm cada vez mais procurando meios de garantir a qualidade da água sem a dependência do fornecimento convencional de eletricidade (Kubitza, 2006).

Então, buscando resolver esse problema, frente a importância do aerador e conhecendo o potencial energético solar do país, uma solução tecnológica quem vem sendo estudada para otimização de pequenas e médias pisciculturas, no sentido de permitir o funcionamento desse equipamento de forma independente da rede de distribuição é a utilização da energia

solar fotovoltaica (Segundo et al., 2015). O equipamento de aeração por energia solar proporciona uma grande vantagem para os produtores, uma vez que sua alimentação independe das concessionárias de energia. A partir de um sistema elaborado de forma a gerar a energia necessária para o funcionamento do aerador e um banco de baterias capaz de mantê-lo funcionando quando não houver incidência de radiação solar, o piscicultor será capaz de manter uma oxigenação adequada na água de forma totalmente autônoma e sustentável (Segundo et al., 2015).

O presente trabalho visou através do uso de materiais reutilizados, equipamentos de controle eletrônico e placas fotovoltaicas, a desenvolver o protótipo de um aerador alimentado por energia solar, de forma a se obter um equipamento prático, confiável e de qualidade, que através do uso de energia limpa fomenta o cultivo consciente dos peixes, ao mesmo tempo em que incentiva o reaproveitamento materiais que a priori seriam descartados.

Metodologia

Para desenvolvimento do sistema de aeração por energia fotovoltaica foi realizado primeiramente um levantamento teórico direcionado à importância da aeração dos tanques criatórios de peixes; a quantidade necessária de oxigênio dissolvido na água para os tipos de cultura mais comuns na região de Paulo Afonso e quais são os momentos

críticos nos quais a oxigenação forçada da água se torna imprescindível.

Foram estudados posteriormente os tipos mais comuns de aeradores existentes no mercado, levando em consideração pontos como aplicabilidade, ou seja, quais modelos se encaixam com os tipos de cultura encontradas na cidade; a energia necessária para o funcionamento do equipamento; praticidade de operação e manutenção e, por fim, as possíveis dificuldades para uma reprodução fiel. Sendo escolhido o modelo de aerador por Venturi, uma vez que com a utilização do mesmo, fatores como potência e dimensões do motor podem ser reduzidos, implicando em um menor custo na sua concepção e no seu consumo de energia.

Para facilitar a concepção e avaliação do protótipo, o mesmo foi sendo desenvolvido por partes, onde primeiramente foi dimensionado o seu sistema elétrico, seguido pela tubulação, sendo posteriormente elaborada uma base para flutuação, o que dá ao mesmo equipamento a liberdade de ser aplicado em ambientes diferentes, pois não existe a necessidade de haver uma base para sua fixação. Por fim foi elaborada uma metodologia para a avaliação do aerador.

Sistema elétrico

Primeiramente foi definida a bomba que seria utilizada, sendo escolhida o tipo *Water Pump*, que possui as características apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características da bomba d'água.

Bomba <i>Water Pump</i>				
Tensão (V)	Corrente (A)	Potência (W)	Vazão (L.h ⁻¹)	Diâmetro de entrada e saída (mm)
12-24	1,05	25	350-800	20,3

Fonte: *Datasheet* (2018).

Partindo das características da bomba d'água encontrada, foi possível o dimensionamento do banco de baterias e do painel fotovoltaico a ser utilizado. Visto que a potência da bomba é de 25 W e a sua tensão abrange o intervalo de 12 a 24 V, foi então viabilizado a utilização de um painel fotovoltaico de 100 Wp com tensão nominal de 14,4 V, disponibilizado pelo IFBA.

Para o dimensionamento das baterias foi observado primeiramente que a sua tensão deve estar dentro do intervalo de funcionamento da bomba e em seguida que a mesma deve conter a corrente necessária para o seu funcionamento por pelo menos o período de 12 h,

que é o período das 18:00 h até as 6:00 h, onde não há incidência solar para alimentação do sistema.

Por questão de segurança foram dimensionados também um fusível de 4 A, para a proteção contra curto circuito, uma vez que parte da fiação deve trabalhar submersa à água, e um controlador de carga de 12 V, modelo CMTPO02, cuja função é fazer o controle do nível da carga da bateria, mantendo-a sempre carregada quando houver sol, e se caso a mesma chegue em um nível baixo, desligue o aerador antes que a bateria se danifique, aumentando assim a sua vida útil. A Figura 1 apresenta o diagrama elétrico do equipamento.

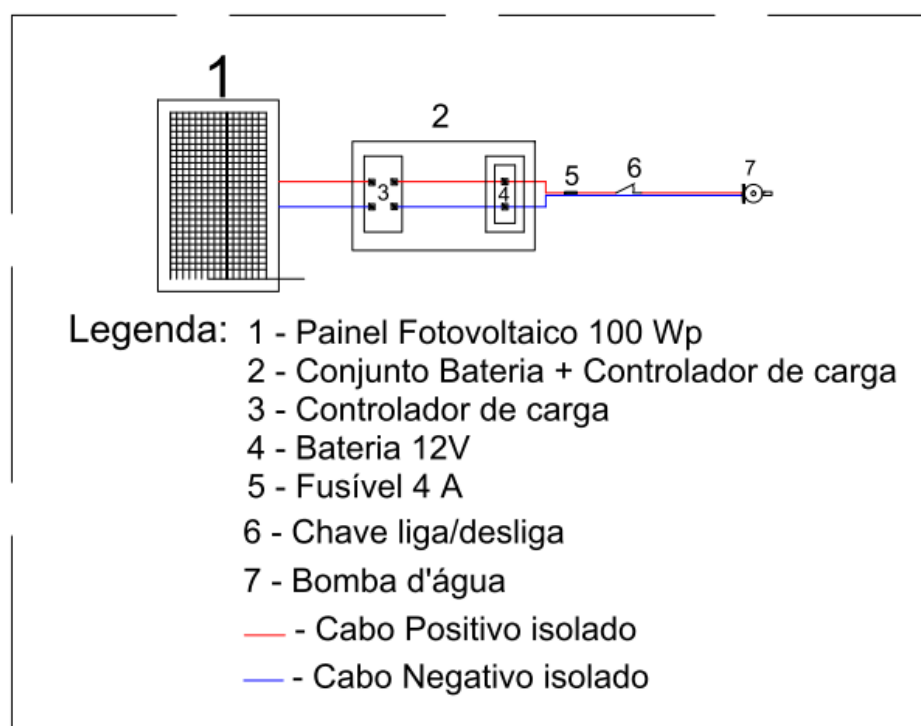


Figura 1. Diagrama elétrico do aerador.

Tubulação

Para o dimensionamento do tubo de Venturi, foram levados em consideração os trabalhos realizados anteriormente por Franco (2004), que diz que os tubos Venturi podem ser

fabricados utilizando qualquer material, desde que sejam realizados de acordo com as dimensões recomendadas, e o trabalho de Zarate e Brotrel (2001), que indica que o diâmetro da garganta seja 1/3 do diâmetro da tubulação principal,

a seção convergente possua um comprimento de 2,5 vezes o diâmetro da tubulação, o qual corresponde a um ângulo de 15° e no divergente pode apresentar um comprimento de 7,5 vezes o diâmetro da tubulação, o que forma um ângulo de 5° , sendo esses fatores

adaptados para os materiais disponíveis para a realização do trabalho.

Sendo assim foi desenvolvido o modelo para a tubulação e tubo de Venturi através de diagramas montados no AutoCAD (Figura 2).

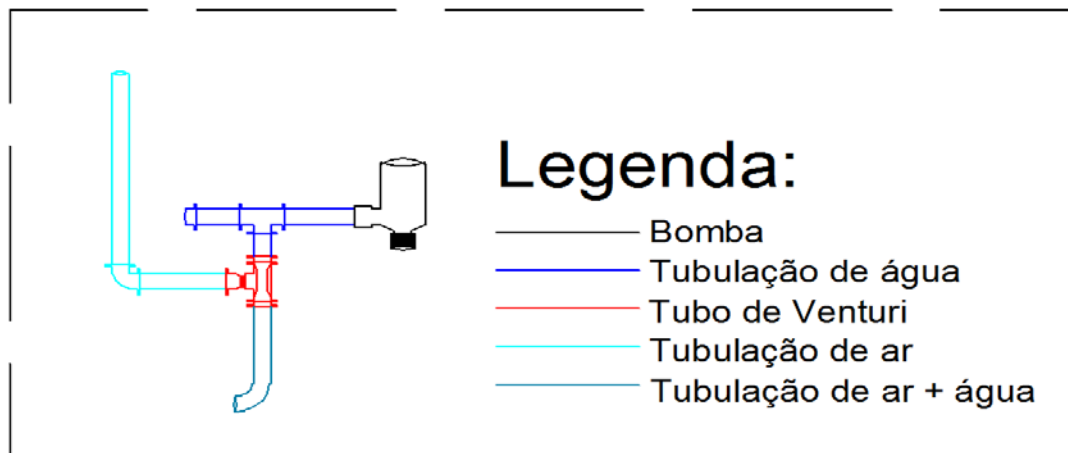


Figura 2. Tubulação do aerador.

Base para flutuação

Após o modelo de tubulação desenvolvido, as suas dimensões foram adaptadas para a bomba de água

disponibilizada, e posteriormente foi desenvolvido a base para flutuação do aerador (Figura 3).

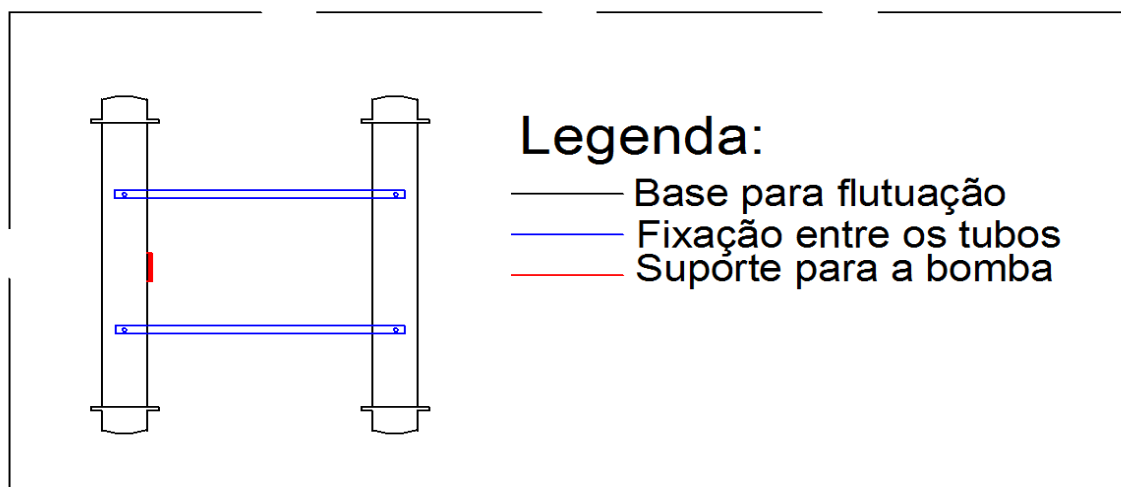


Figura 3. Base para flutuação.

Protótipo final

Após os dimensionamentos e desenvolvimento dos diagramas das partes constituintes do aerador, foi desenvolvido o diagrama final que

deverá servir como base para a sua concepção. As Figuras 4 e 5 apresentam o modelo final do equipamento desenvolvido.

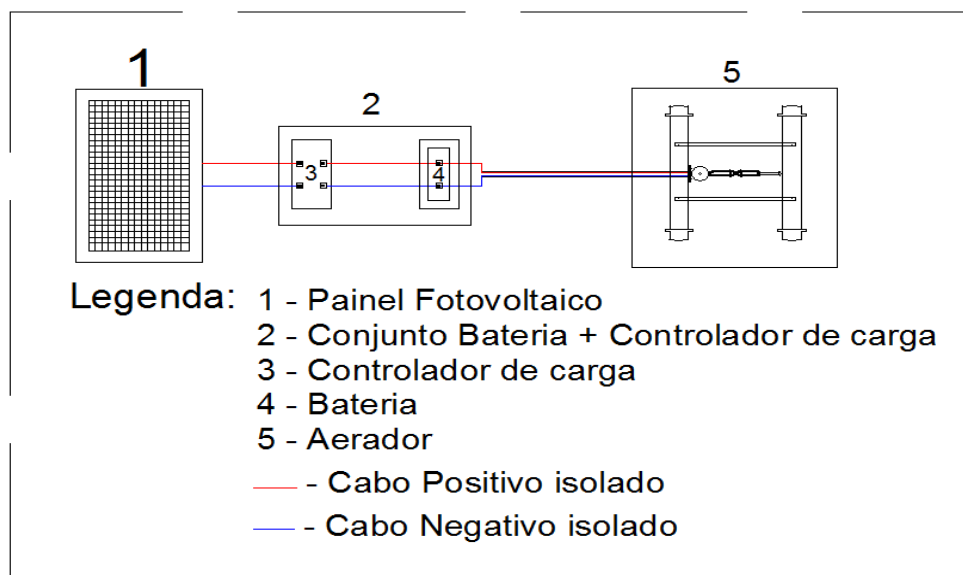


Figura 4. Modelo final do aerador. Vista superior.

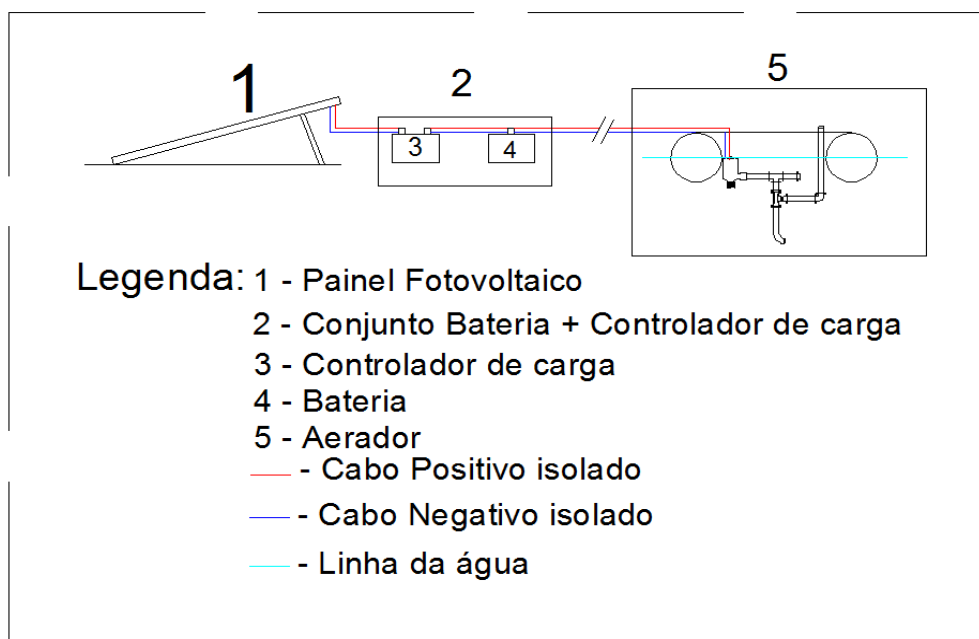


Figura 5. Modelo final do aerador. Vista lateral.

Avaliação do protótipo

Para a avaliação do protótipo, o experimento consistiu em observar o comportamento do oxigênio dissolvido na água de três tanques de peixe da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), *campus* VIII, localizada na Cidade de Paulo Afonso-BA, onde um deles possuía o volume de 5.000 L de água, na qual estava sem peixes e sem aeração, denominado aqui como Tanque 1; o segundo, denominado Tanque 2 possuía a capacidade de 15.000 L, 500 peixes em seu interior e também estava sem aeração; e por fim o terceiro tanque, denominado Tanque 3, possuía o volume de 5.000 L, estava sem peixes, porém neste foi instalado o aerador fotovoltaico.

Foi estabelecido que só haveria peixes no Tanque 2, pois o mesmo, por haver uma área de superfície com a incidência solar maior, haverá uma maior produção de oxigênio durante o dia, não pondo em risco a vida dos peixes da UNEB, pois os mesmos também são objetos de estudo de outras pesquisas da universidade. Já os Tanques 1 e 3 por possuírem características semelhantes, será possível a comparação do comportamento do oxigênio dissolvido com precisão.

O experimento foi realizado no período das 10:00 h da manhã do dia 16 de abril de 2018, até as 6:00 da manhã do dia seguinte, sendo executadas medições a cada duas horas nos três tanques, fazendo uso do aparelho multiparametros do modelo *YSI Professional Plus*, onde a sonda do mesmo era inserida na água e permanecia submersa por um período de aproximadamente 5 min para que os parâmetros observados se estabilizassem, obtendo assim mais precisão nas medições. Os resultados

foram tabelados para as análises posteriores.

Resultados e discussões

Sistema elétrico

Partindo das características da bomba d'água disponível para o protótipo, foi calculado que a bateria deve ter a configuração de corrente de pelo menos 12,6 Ah, onde foi cedida também pelo *campus* uma bateria estacionária que estava em desuso, na qual possuía uma tensão de 12 V e corrente de 45 Ah, o que poderia teoricamente dar uma autonomia de pelo menos 42,85 h de funcionamento para o sistema, sem a necessidade de recarga.

Tubulação

Para a tubulação foi observado primeiramente o diâmetro do orifício de saída da bomba que é de 20,3 mm, foi utilizado então uma tubulação de 20 mm para que fosse compatível, com reduções, luvas e tampões de mesmas dimensões. A Figura 6 apresenta a tubulação em sua configuração final.

Base para flutuação

Com a tubulação pronta, foi montada a base, fazendo-se uso de tubos de PVC de 100 mm e seus respectivos tampões para evitar infiltração de água e manter o equipamento flutuando. Os tubos foram fixados um ao outro através de peças de alumínio encontradas em sucatas no *campus*, parafusadas e vedadas na parte superior da base. Por fim foi montado o suporte para fixação da bomba na base de flutuação, de forma que a mesma ficasse submersa e assim consiga sugar a água com mais eficiência. A Figura 5 apresenta o aerador após ser montado, já no período de testes.



Figura 6. Tubulação do aerador.



Figura 7. Aerador pronto.

Avaliação do protótipo

A avaliação do equipamento, que foi realizada através de medições da temperatura e oxigênio dissolvido na água dos tanques de peixes da UNEB a cada intervalo de duas horas, sendo o seu

início às 10:00 h da manhã do dia 16 de abril de 2018 e finalizando às 6:00 h da manhã do dia seguinte, ou seja, foram realizadas 11 medições. A Figura 8 apresenta os resultados encontrados ao longo do experimento.

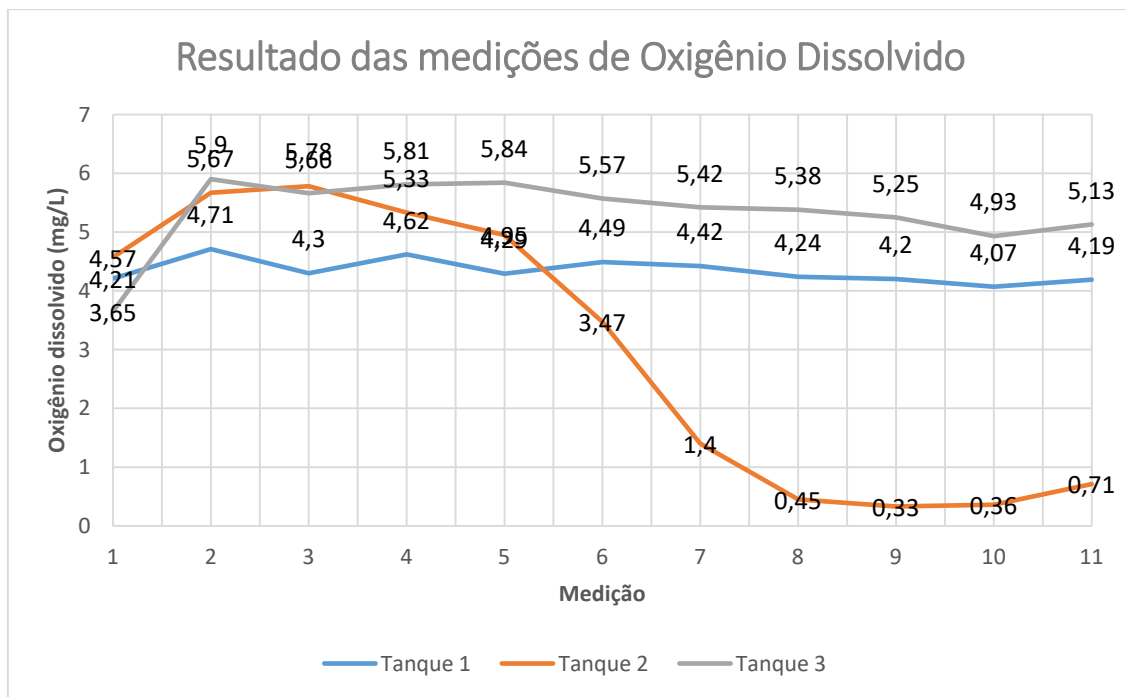


Figura 8. Variações do oxigênio dissolvido.

Os resultados obtidos no Tanque 1, foram bastante condizentes com o esperado segundo a literatura, ou seja, durante o período entre a primeira e segunda medição, pelo fato da água não ter sofrido um aumento brusco de temperatura e o tanque já está sendo alimentado pela incidência raios solares, o processo fotossintético foi viabilizado, resultado em um aumento de 12% na quantidade de oxigênio dissolvido, sendo este o horário em que houve a maior produção e a maior quantidade do gás, durante o período analisado.

No período entre quinta e décima medição foi observado uma diminuição na oxigenação do tanque, chegando a o valor mínimo de 4,07 mg.L⁻¹ às 04:00 h

da manhã, sendo compreensível e esperado, uma vez que já não havia mais incidência de raios solares, impedindo a fotossíntese. Nesse período o oxigênio que produzido durante o dia foi consumido pelas algas e bactérias existentes na água, sendo este o horário de maior necessidade da aeração forçada.

Observando os resultados obtidos no Tanque 2, é possível perceber uma produção de oxigênio no intervalo da primeira até a terceira medição, que foi o período do dia em que todo o tanque estava recebendo raios solares. Foi constatado a partir da quarta medição uma diminuição considerável na oxigenação da água do tanque, devido ao consumo pelos peixes e seres vivos lá

presentes, e um sombreamento provocado pela arborização local, o que dificultou a produção do gás na água.

No período entre a sexta e última medição, foi observado o estado crítico da oxigenação do tanque, estando abaixo do nível mínimo do intervalo de conforto para as tilápias que é, segundo Kubitzka (2007) 3 mg.L⁻¹ a uma temperatura entre 26 °C e 30 °C.

No Tanque 3, onde estava instalado o aerador, foi observado logo nas duas primeiras medições a ação do equipamento, apresentando entre elas um aumento de 61% na quantidade de oxigênio dissolvido. Foi observado na terceira medição que houve uma diminuição de cerca de 4% na oxigenação, sendo resultado do aumento constante da temperatura da água e o sombreamento que dificultou o processo de fotossíntese, contudo, deste horário até a quinta medição realizada, apesar do sombreamento e posteriormente o pôr do sol, a produção de oxigênio voltou a se sobressair, devido à diminuição da temperatura da água, apresentando assim um aumento de 3%.

No período entre às 18:00 h e às 04:00 h da manhã, foi possível perceber um decaimento na quantidade do gás, contudo, se comparado aos valores obtidos nas medições do Tanque 1, observa-se que a quantidade de oxigênio dissolvido no Tanque 3 se manteve com um valor de aproximadamente 27% maior.

Comparando a primeira medição realizada nos três tanques, nota-se que o Tanque 3 apresentava o valor mais baixo, elevando-se posteriormente para 5,90 mg.L⁻¹ de OD, resultado da ação imediata do aerador naquele local, permanecendo posteriormente estável entre os valores de máximo de 5,90 mg.L⁻¹ e o mínimo de 4,93 mg.L⁻¹, havendo um desvio padrão de 32% nos resultados obtidos entre o período das 12:00 h às 06:00 h da manhã. Vale ressaltar que o valor mínimo de 4,93 mg.L⁻¹ é 5% maior do que o valor de 4,71 mg.L⁻¹, que foi o maior resultado

obtido nas medições do Tanque 1, que apresenta as mesmas condições físicas.

Observa-se também a estabilidade do comportamento do OD no Tanque 1 apresentando um desvio padrão de cerca de 20% nos resultados obtidos durante o período do experimento, sendo este o efeito da ausência de peixes no local, onde nesse caso, é esperado que durante o dia haja a produção do gás para que a noite o mesmo possa ser consumido. Foram encontrados os valores máximo de 4,71 mg.L⁻¹ e mínimo de 4,07 mg.L⁻¹, sendo estes valores relativamente altos para um tanque sem aeração forçada, resultado da presença da vegetação na água e a localização favorável do Tanque, uma vez que o mesmo foi o único dos três que não teve sombreamento durante o dia, podendo aproveitar ao máximo os raios solares.

O Tanque 2, foi o que apresentou a maior variação no comportamento do OD durante o período do experimento, onde foi encontrado um desvio padrão de 235%. Tal efeito foi ação da presença dos peixes na água, onde apesar de o tanque possuir a maior área superficial, viabilizando a absorção dos raios solares para a fotossíntese, o consumo do oxigênio dos peixes durante a noite se tornou bem evidente, apresentando no período das 18:00 h às 04:00 h da manhã do dia seguinte, uma queda de cerca de 93% na quantidade de oxigênio dissolvido. Sendo assim é notória a necessidade da presença da aeração forçada nos tanques de piscicultura.

Conclusões

A partir das pesquisas e experimentos realizados foi constatado que é possível a concepção de um aerador operável e confiável que seja produzido a partir de materiais reaproveitados e que trabalhe fazendo uso da energia solar fotovoltaica sem a necessidade de alimentação pela rede convencional de energia, o que o torna imune a falhas e/ou ausência da rede

elétrica nos locais de criatórios de peixes, tornando a sua utilização viável tanto para os piscicultores que desejam manter uma produção intensiva e eficiente como para o pequeno produtor que não dispõe da rede elétrica para o funcionamento dos seus equipamentos elétricos.

Foi possível notar o efeito que o aerador exerceu sobre tanque na qual foi instalado, pois apesar de ter possuído as piores condições iniciais e ter sido afetado pelo sombreamento ocorrido desde às 14:00 h, não havendo mais a partir daí incidência direta de raios solares sobre a água, foi o que se manteve sempre com os valores mais altos de oxigênio dissolvido.

Constatou-se a grande necessidade da aeração forçada em tanques de piscicultura para manter um ambiente estável e confortável para que os peixes possam desenvolver-se com mais eficiência e apresente ao final do ciclo de produção, os melhores resultados possíveis.

Por fim, vale ressaltar que apesar de se tratar de um equipamento de pequeno porte, o mesmo por ser constituído por materiais reciclados e/ou de preços bastante acessíveis, é possível a utilização de até três aeradores alimentados pela mesma fonte de energia elétrica utilizada neste experimento e manter ainda a autonomia de até 12 h de funcionamento contínuo sem a necessidade de incidência de raios solares, cumprindo as metas estabelecidas para este trabalho.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- Franco Ibars, R. A. **Desenvolvimento e avaliação de tubos Venturi para medição de vazão**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004. (Tese de doutorado).
- Garcia, R. P. A. **Aerador eólico para tanques de piscicultura**. Porto Alegre: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <http://www.ibiruba.ifrs.edu.br/site/midias/arquivos/2014112312564993aerador_eolico_para_tanques_de_piscicultura.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2018.
- Kimpara, J. M.; Zadjband, A. D.; Valenti, W. C. **Métodos para medir a sustentabilidade na aquicultura**. Embrapa Meio-Norte- Documentos (INFOTECA-E), 2012.
- Kubitza, F. **Revista Panorama da Aquicultura**, v. 18, n. 109, 2008.
- Melo, A. R.; Stipp, N. A. A piscicultura em cativeiro como alternativa econômica para as áreas rurais. **Geografia**, v. 10, n. 2, p. 175-193, 2011. <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2001v10n2p175>
- Segundo, D.; Mota, M.; Vieira, A. Aerador de piscicultura alimentado com fonte de energia solar. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, p. 1-14, 2015. <https://doi.org/10.5380/rber.v4i2.38850>
- Zarate, R. N.; Botrel, T. A. Desenvolvimento de dois injetores de fertilizante tipo Venuri. Anais do II Workshop Fertilirrigação, Piracicaba, 2001.



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.