

AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UM COMPLEXO DE AQUAPONIA NO NORDESTE BRASILEIRO

Gabriel De Albuquerque Barbosa Baumann, baumann.gabriel@hotmail.com

Nícolas Matheus da Fonseca Tinoco de Souza Araújo, nicolas.tinoco@hotmail.com

Felipe Pinheiro Maia, felipepm99@hotmail.com

Marcelo Araújo Delgado Filho, marcdelf6@gmail.com

Luiz Guilherme Meira de Souza, lguilherme@dem.ufrn.br

Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Departamento de Engenharia Mecânica. Avenida Senador Salgado Filho, S/N. Caixa Postal 1524 - Campus Universitário - Lagoa Nova, CEP 59072-970, Natal-RN, Brasil.

Resumo: A aquaponia, num contexto de insegurança alimentar, apresenta-se como uma viável nova estratégia de produção alimentícia em ambientes que apresentam condições desfavoráveis para as formas tradicionais de plantio, como escassez hídrica ou solos inadequados, na medida em que dispensa a necessidade de utilização dos solos, apresenta uma maior eficiência e requer menos recursos hídricos quando comparada à agricultura tradicional. A energia solar, por sua vez, é ideal para suprir a baixa demanda de energia solicitada por um sistema de aquaponia, especialmente em regiões não conectadas à rede de energia e de grande incidência solar, como o semiárido brasileiro. O objetivo deste trabalho foi, assim, propor um sistema de aquaponia alimentado exclusivamente pela energia solar, realizando o seu dimensionamento e levantamento de custos, a fim de avaliar sua viabilidade. Como resultado, obteve-se o dimensionamento completo da aparelhagem necessária ao aproveitamento da energia solar, um modelo computacional do sistema aquapônico-solar projetado e as curvas de custo acumulado ao longo dos anos. Concluiu-se que, em termos de custo, a energia solar passa a ter vantagem sobre a eletrificação convencional a partir de 12 anos, o que garante, juntamente com seus outros benefícios de cunho social-ambiental, sua viabilidade em longo prazo.

Palavras-chave: Aquaponia, Produção de Alimentos, Energia Solar, Dimensionamento, Análise de custos.

1. INTRODUÇÃO

A combinação de preços altos, conflitos e condições climáticas extremas aumentaram o número de pessoas afetadas pela fome no mundo para 108 milhões em 2016, segundo relatório elaborado pela ONU e pela União Europeia (UE) e publicado em 31 de março de 2017. Esse total representa um aumento de 35% das pessoas que enfrentam uma "insegurança alimentar grave", cujo número era estimado em 80 milhões em 2015.

A população do Nordeste brasileiro convive com esse problema mundial, além de vários outros, dentre eles, a seca, a desertificação, a degradação do meio ambiente e a falta de emprego. Problemas estes associados às “velhas” práticas políticas e à dificuldade de manejar os recursos no seu grande espaço territorial – abrange 1.133 municípios, com população superior a 20 milhões de pessoas, distribuídas em uma área geográfica de 969.589,4 km² (ANA, 2006).

De acordo com Barbosa (2010), as políticas brasileiras para resolver a problemática do Nordeste frente a realidade do clima semiárido iniciam em 1891, quando foi incluído na Constituição um artigo que obriga o Estado a socorrer áreas atingidas por desastres naturais, entre eles a seca e a fome. Entretanto, o conceito de “Convivência com o Semiárido” só emerge da sociedade civil na década de 1990, o qual vem apresentando formas de aprender a lidar com o ambiente, fazendo pequenos produtores viverem e produzirem com dignidade.

O combate aos efeitos da seca (construção de açudes e barragens; perfuração de poços; construção de estradas) e de assistência à população – distribuição de alimentos; formação de “frentes de trabalho” para, por exemplo, cavar poços, visando a absorver a mão de obra excedente do campo; controle do preço de gêneros alimentícios; estocagem de alimentos; fomento da emigração – foi realizado em caráter emergencial, ao longo de anos, por órgãos do governo, como o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS. Criou-se projetos como a Operação Pipa e o Programa Cisternas ambas consideradas tecnologias sociais para armazenamento de água, combate à extrema pobreza, inclusão social e produtiva rural (Portal Brasil, 2016 e INSA, 2016).

Entretanto, observou-se que esses dois últimos programas já somaram mais de R\$ 1 bilhão somente no ano de 2016 (Portal Brasil, 2016) e não obtiveram resultados significantes, não foram eficientes. A busca pela solução, ou ao menos uma atenuação mais eficaz vem sendo alvo de diversas pesquisas. Este trabalho mostrará a viabilidade de agrupar duas diferentes áreas: energia solar e aquaponia; afim de atingir esse objetivo.

1.1. A energia solar e o nordeste brasileiro

Segundo Moluguri *et al.* (2016), a quantidade de energia solar incidente na superfície da terra é aproximadamente 10^{18} kWh/ano o que é cerca de 10.000 vezes mais do que a energia atual consumida por todo o mundo. Energia que vem se tornando tendência principalmente devido ao aspecto sustentabilidade. Dentre as regiões brasileiras, é o Nordeste que se destaca para esta fonte de energia, apresentando o maior potencial de radiação solar do país, proveniente do clima semiárido somado a baixa precipitação e cobertura de nuvens, com valores médios anuais de 4,8 a 6,0 kWh/m² (SUDENE, 2016), os quais podem ser utilizados para trazer um desenvolvimento sustentável, saúde e bem-estar social para as populações, além de possibilitar a substituição gradativa da utilização da madeira como fonte de energia que ainda representa 35% da matriz energética da região semiárida (INSA, 2016). A Figura 1 mostra a distribuição da radiação solar no Nordeste brasileiro.

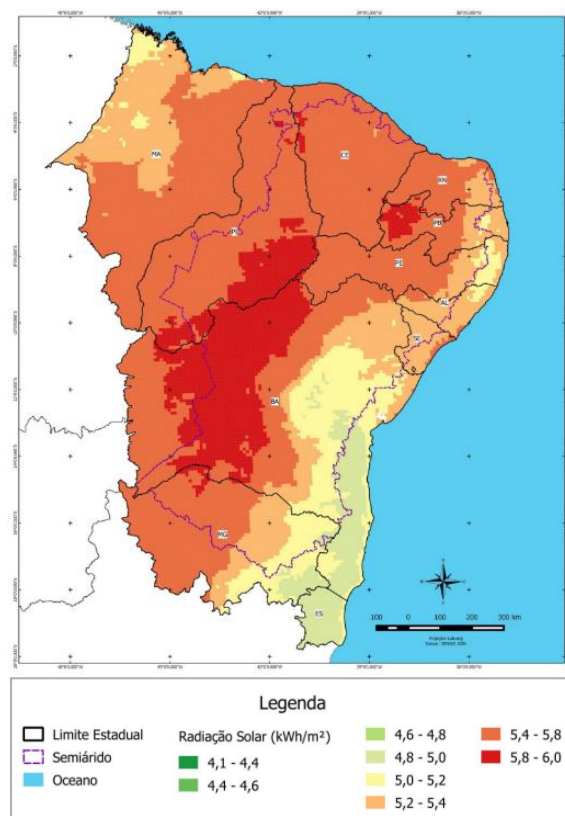


Figura 1. Radiação Solar (média anual) na área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Fonte: SUDENE, 2016

As vantagens da energia solar são variadas, entre elas estão: possibilidade de geração distribuída (GD) de energia a qual é mais ideal para grandes territórios devido à redução de custos de distribuição e transmissão (Pepermans *et al.*, 2005; Cobas e Lora, 2002), alta eficiência exergoeconômica e ambiental, ou seja, menor agressividade ao ambiente e viabilidade econômica, possui, também, baixas limitações de relevo.

1.2. A aquaponia e seus potenciais

A aquaponia é a modalidade de produção de alimentos com baixo consumo de água e alto aproveitamento do resíduo orgânico gerado. Portanto, é uma alternativa de produção de peixes e vegetais menos impactante ao meio ambiente (Rijn, 2013 e Rakocy *et al.*, 2006). O termo aquaponia é derivado da combinação das palavras "aquicultura" (produção de organismos aquáticos) e hidroponia (produção de plantas sem solo), e refere-se à integração entre a criação de organismos aquáticos, principalmente peixes, e o cultivo de vegetais hidropônicos. Apesar do termo aquaponia ser novo no Brasil, trata-se de uma tecnologia testada e validada em vários países nos últimos 20 anos e, hoje, comprovadamente viável do ponto de vista técnico e econômico (Graber e Junge, 2009 e Carneiro *et al.*, 2015).

Em aquaponia, peixes e plantas são cultivados em um mesmo corpo d'água e compartilham estruturas físicas integradas, sendo observadas algumas vantagens, tais como: utilização de quantidade mínima de água, cerca de oito vezes menor que a agricultura convencional (Ginkel *et al.*, 2017); possibilidade de produção de alimentos no meio urbano, próximo ao consumidor final; aproveitamento de dejetos produzidos por peixes e que seriam descartados no meio ambiente; controle da proliferação de algas e fungos que podem conferir sabor desagradável ao pescado; produção intensiva, com altas densidades de peixes e vegetais; geração de um produto diferenciado, padronizado e de alta qualidade,

livre de agrotóxicos e antibióticos; diversificação da produção e geração contínua de renda; minimização dos riscos de contaminação química e biológica dos corpos d'água naturais, e minimização dos riscos de introdução de espécies exógenas aos cursos d'água naturais; baixa limitação no que diz respeito ao relevo do local de instalação. Dentre as principais desvantagens da produção em aquaponia quando comparada à agricultura tradicional e/ou à hidroponia, pode-se destacar a dependência contínua de energia elétrica; a qual poderá ser solucionada através do anexo que este trabalho propõe: sistema elétrico abastecido pela energia solar.

1.3. Framework

Tendo em vista o gargalo apresentado anteriormente, este trabalho tem como objetivo apresentar uma alternativa mais viável e endógena, ou seja, uma forma de amenizar o problema da fome de forma que seja acessível economicamente, que possua como instrumento principal a tecnologia e que seja duradoura com base nas tecnologias mencionadas anteriormente neste trabalho. A alternativa proposta neste *paper* para estes problemas consiste num sistema de aquaponia movido por energia solar fotovoltaica. Um protótipo do sistema será dimensionado e terá sua viabilidade econômica, ambiental e social analisada.

A aquaponia fornecerá soluções aos problemas referentes ao grande consumo de água necessário na agricultura tradicional, às limitações nutricionais e de relevo do solo local. A energia solar possibilitará a geração distribuída (GD), menor agressividade ao ambiente, e viabilidade econômica considerável em longo prazo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Dimensionamento

Todo o sistema de aquaponia foi dimensionado tomando como base num já presente no projeto “Fortalecimento da aquicultura familiar: uma alternativa de produção para o semiárido potiguar” da Universidade Federal do Rio Grande do Norte desenvolvido na comunidade Trangola do município de Currais Novos/RN coordenado pela professora Virgínia Maria Cavallari Henriques.

2.2. Tamanho do sistema aquapônico

Para dimensionar adequadamente o sistema é necessário classifica-lo quanto ao seu tamanho, determinando, sobretudo, a sua densidade de estocagem. O sistema referência apresenta uma densidade de estocagem muito próxima à característica de sistemas de pequeno porte, menor do que 15 kg/m^3 segundo Carneiro *et al.* (2015), entretanto, o sistema será tratado como um sistema com uma alta densidade de estocagem de peixes seguindo a definição de Somerville *et al.* (2014), apresentando cerca de 16 kg/m^3 . Desta forma, o sistema proposto teria que atender a alguns critérios mínimos em relação à vazão de recirculação, nível de oxigenação e filtragem para garantir a sua viabilidade (Carneiro *et al.*, 2015).

2.2.1. Sistema de bombeamento

A circulação da água é de fundamental importância para o funcionamento do sistema de aquaponia, uma vez que permite o fluxo das substâncias necessárias para a sua dinâmica bioquímica e também a filtragem dos resíduos sólidos. Caso a água não circule, os peixes podem morrer em algumas horas devido à degradação da qualidade da água pela redução do oxigênio dissolvido (OD) e aumento de resíduos. Além disso, no caso do sistema NFT em questão o filme nutritivo para as plantas seca uma vez interrompido o fluxo de água (Somerville *et al.*, 2014).

Desta forma, o fluxo de água deve ser adequado para garantir tanto a sua qualidade para os peixes (neste projeto, adotou-se o Tilápia do Nilo de 200g), quanto uma adequada distribuição de nutrientes para as plantas, proporcionando um equilíbrio entre esses dois fatores (Connolly e Trebic, 2010). Para um sistema com alta densidade de estocagem, como o apresentado, Somerville *et al.* (2014) propõe que o volume de água recirculada em um período de uma hora seja o dobro do volume do reservatório dos peixes. Seguindo este critério, para um reservatório de 500 litros, é necessária uma vazão de 1000 l/h.

2.2.2. Sistema de aeração

O parâmetro mais crítico referente à qualidade da água é o oxigênio dissolvido (OD), uma vez que peixes, plantas e bactérias dependem dele para viver. Desta forma, é fundamental garantir níveis adequados de OD, o que pode ser feito através do próprio fluxo de água gerado pela bomba e por aeradores.

Para o dimensionamento aqui realizado, foi admitido que todo o OD necessário deveria ser fornecido pelos aeradores, dado que é difícil de estimar a contribuição referente à dissolução de oxigênio pelo contato com o ar e movimento da água. É importante ressaltar que essa consideração cria uma margem maior de segurança para o OD, uma vez que seu valor sempre será maior que o fornecido pelos aeradores devido à contribuição dos efeitos supracitados.

Assim, de acordo com Somerville *et al.* (2014), o nível ótimo de OD situa-se em uma faixa de 5 a 8 mg/l . Assim, junto às dimensões do reservatório dos peixes, definiu-se o aerador. Destaca-se ainda que podem ser usados sifões tipo

Venturi como aeradores mecânicos adicionais para o sistema. Como vantagem, esses aeradores, além de simples de construir, não demandam energia.

2.2.3. Sistema fotovoltaico

O sistema fotovoltaico proposto deve ser capaz de armazenar energia suficiente para manter o sistema em funcionamento ininterrupto, além de suportar um período de 72 horas sem a incidência de raios luminosos. Como condição inicial para o projeto, determinou-se as demandas diárias de energia do aerador e da bomba (únicos dispositivos que consomem energia elétrica no sistema), que somadas totalizaram 1200 Wh por dia. Assim, para o dimensionamento deste sistema, baseou-se no procedimento adotado por Masters (2004).

Dessa forma, foi necessário determinar a demanda diária de energia do sistema aquapônico e a tensão a ser utilizada no sistema elétrico. Em seguida, calculou-se a quantidade diária de energia produzida e a quantidade de painéis solares necessários. Finalmente, selecionou-se o inversor e o controlador de carga e então se dimensionou o sistema de baterias.

2.3. Avaliação dos custos de operação

O custo de operação é um fator crucial para a determinação da viabilidade de um projeto. Portanto, para determinar se a utilização de energia solar num sistema pequeno de aquaponia localizado em áreas remotas do Nordeste brasileiro é viável, foram levantados tais custos considerando os gastos para instalação e manutenção, tanto para o referido sistema de energia solar quanto para o sistema de eletrificação convencional (por extensão de rede).

Baseado no dimensionamento dos componentes que farão parte do sistema elétrico solar planejado, foi realizada pesquisa no mercado físico e *online* com o objetivo de levantar os custos necessários à instalação do mesmo no sistema de aquaponia referência.

Para obter a função que descreve o custo de operação utilizando a eletricidade convencional, foi realizado o levantamento do custo de eletrificação de um local remoto por extensão de redes elétricas convencionais, e, em seguida, obtido o valor cobrado pela empresa local provedora de energia elétrica pela energia consumida por dia.

2.4. Estimativa do consumo de água

Em um sistema de aquaponia, além da quantidade inicial de água necessária para abastecer o volume do sistema, há a necessidade de se realizar a manutenção deste volume com adições periódicas de água devido às perdas causadas por evaporação, evapotranspiração, derramamentos, vazamentos e trocas de água. O volume diário total perdido representa cerca de 1 a 3% do volume do sistema, dependendo da localização deste e do tipo de vegetais cultivados (Ginkel *et al.*, 2017 e Love *et al.*, 2015).

Neste trabalho, tendo em vista às elevadas temperaturas na região de implantação do sistema proposto, o semiárido brasileiro, adotou-se, todavia, o valor mais conservador de 10% que corresponde ao limite superior proposto por Rakocy *et al.* (2006), dado à maior perda esperada. Desta forma, a quantidade de água perdida por ano foi determinada multiplicando-se o volume do sistema pela perda percentual diária e em seguida pelo número de dias em um ano. O volume total consumido foi, então, determinado somando o volume de água perdido com volume do sistema, sendo este segundo de 500 litros, como supracitado.

Para determinar a quantidade de água necessária para produzir um quilograma de tilápia e um quilograma de alface utilizou-se a Equação 1.

$$W_T = (w_c * P_c) + (w_t * P_t) \quad (1)$$

Onde:

W_T – Volume anual consumido de água (l/ano)

w_c – Quantidade de água necessária para produzir um quilograma de vegetais (l/kg)

P_c – Quantidade anual de vegetais produzidos (kg/ano)

w_t – Quantidade de água necessária para produzir um quilograma de tilápia (l/kg)

P_t – Quantidade anual de tilápia produzida (kg/ano)

Equação 1 apresenta as duas variáveis que se pretende determinar. Para simplifica-la e torna-la solúvel, baseou-se no que foi constatado por Love *et al.* (2015), o qual afirma que a tilápia precisa de cerca de 3 vezes mais água para apresentar um incremento em 1 quilograma de massa, em comparação com os vegetais. Assim, obteve-se a Equação 2.

$$W_T = (w_c * P_c) + (3 * w_c * P_t) \quad (2)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após seguir-se a metodologia descrita neste trabalho, obtiveram-se alguns dados qualitativos e quantitativos, os quais estão divididos nas subseções a seguir.

3.1. Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Após seguida a metodologia descrita neste trabalho para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, obteve-se os dados presentes na Tabela 2. Os dados obtidos descrevem um sistema solar de pequeno porte, de acordo com o esperado tendo em vista a necessidade energética do sistema aquapônico dimensionado.

Tabela 1. Parâmetros resultantes do dimensionamento do sistema fotovoltaico.

Parâmetro	Valor
Demanda diária de energia	100 Ah
Tensão do sistema	12 V
Demanda diária de potência	1.2 kWh
Quantidade diária de energia produzida	118 Ah
Número de painéis solares	5
Corrente máxima de entrada para o controlador de carga	56 A
Carga teórica do sistema de baterias	354 Ah
Carga real do sistema de baterias	389 Ah
Número de baterias	2

3.2. Idealização e modelagem do sistema aquapônico-solar

A partir do sistema de aquaponia de referência supracitado e o dimensionamento realizado, modelou-se um sistema aquapônico-solar representando todos os componentes utilizados em sua montagem. Tal modelo encontra-se apresentado nas Figura 2 e 3.

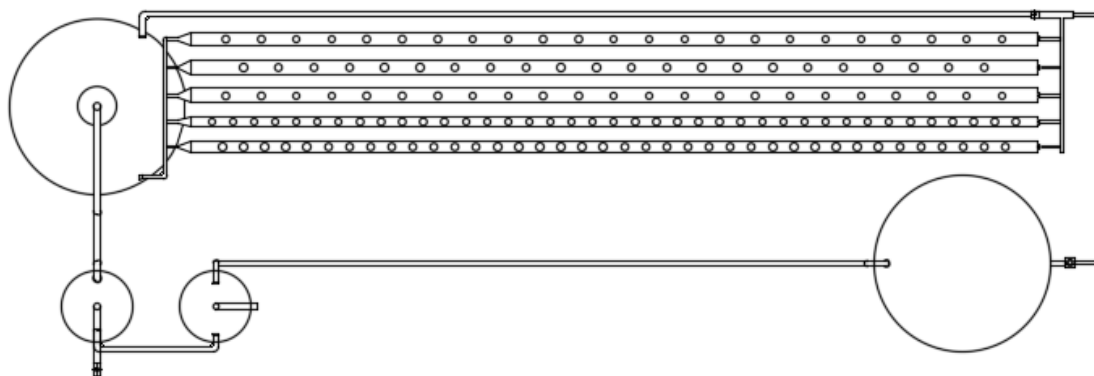


Figura 2. Sistema aquapônico-solar idealizado.

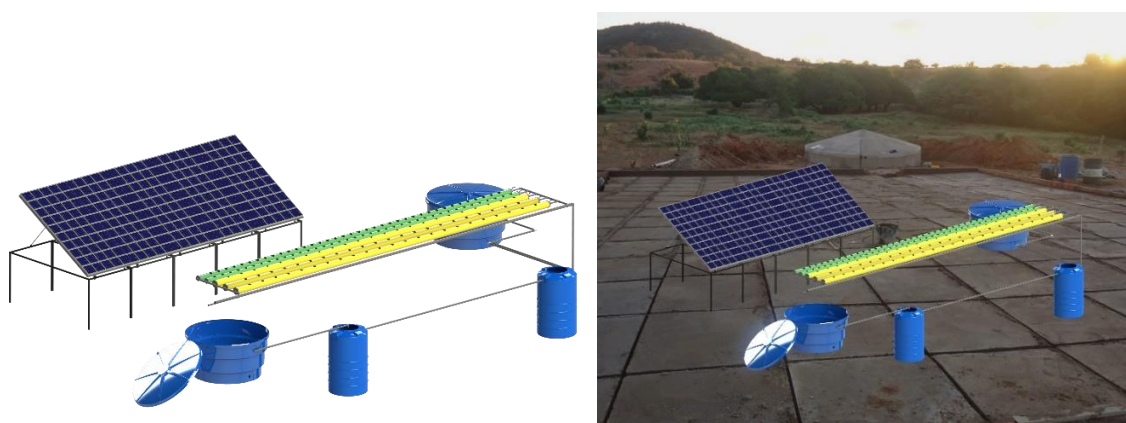


Figura 3. Sistema aquapônico-solar idealizado.

3.2.1. Componentes do sistema

Os componentes do sistema modelado, definidos a partir do sistema de Trangola, são apresentados a seguir.

3.2.1.1. Tubulações e acessórios:

- Tubulações principais de três diâmetros diferentes: 100, 75, e 40 mm.
- Cinco buchas de redução;
- Cinco CAPs;
- Tubo corrugado flexível;
- Dezesesseis joelhos de 90°;
- Cinco adaptadores emborrachados com registro de esfera;
- Quatro adaptadores para caixa d'água;
- Nove tês.

3.2.1.2. Reservatórios

- Duas caixas d'água de 500 litros;
- Dois tanques de 240 litros.

3.2.1.3. Energia solar

- Painéis solares
- Inversor
- Controlador de carga
- Baterias
- Bomba

3.3. Consumo e Eficiência hídrica

Considerando-se o sistema apresentado (Figuras 2 e 3), que dispõe de 5 tubulações de 6 metros de comprimento com furos para a instalação das plantas, é possível determinar o número de mudas que podem ser criadas ao mesmo tempo. Sabendo que os furos são igualmente espaçados entre si por uma distância de 25 cm, no caso dos três canos de 100 mm de diâmetro, e de 15 cm, para os dois canos de 75 mm de diâmetro, calcula-se que o número total de furos, e, portanto, de mudas simultâneas, é 145.

O tempo de crescimento dessas mudas depende do vegetal que está sendo cultivado. Pode-se tomar como exemplo a alface, cujos diferentes tipos levam entre 3 e 4 semanas para atingirem o tamanho de mercado (Rakocy *et al.*, 2006). Assumindo tempo de crescimento de 4 semanas, tem-se que serão produzidas 13 safras de alface num ano, totalizando 1885 maços de alface nesse período, o que é mais que o suficiente para o consumo próprio e permite a venda do excesso de produção.

O consumo total de água do sistema de aquaponia proposto foi estimado em 18750 litros por ano. Conclui-se assim, da Equação 2, que são necessários aproximadamente 79,3 litros de água para se produzir um quilograma de alface, considerando uma produção anual de 188,5 quilogramas de alface (0,1 kg por maço de alface). Com relação aos peixes, estima-se uma produção anual de 16 quilogramas, sendo então necessários 237,9 litros de água para cada quilograma produzido.

A Tabela 4 compara os valores encontrados para o sistema com os da agricultura tradicional. Constata-se que os segundos são cerca de 3 vezes superiores em relação à alface. Já em relação à produção de proteína animal, a diferença é ainda maior, de 18 vezes, comparando a tilápia aquapônica com carne bovina. Ressalta-se que esse valor foi obtido mesmo levando em conta que somente 28% da massa da primeira é convertida em proteína (Ginkel *et al.*, 2017), sendo, portanto, necessários 849,6 litros para cada quilograma produzido.

Tabela 2. Comparação entre a eficiência hídrica na produção de alimentos entre o sistema proposto e a agricultura tradicional.

<i>Categoria</i>	<i>Sistema proposto (l/kg)</i>	<i>Agricultura tradicional (l/kg)</i>	<i>Diferença Percentual</i>
Alface	79,3	237 ^[a]	298,87%
Proteína Animal	849,6	15400 ^[b]	1812,62%

[a] Mekonnen e Hoekstra (2012)

[b] Mekonnen e Hoekstra (2011)

3.4. Avaliação dos custos de operação

Os custos referentes à implementação do sistema de energia solar são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Custo dos componentes do sistema de energia solar

Item	Modelo	Quantidade	Preço (R\$)	Total (R\$)
Painel solar	150W ReneSola - JC150M-12/GB	5	397,00	1.985,00
Inversor	800W 12V/220V Onda Modificada Hayonik	1	339,00	339,00
Controlador	UE50 Intelligent-60A-12V/24V-LCD	1	135,69	135,69
Baterias	Universal Power Group UB-4D 12v 200ah Solar Power Battery - Deep Cycle	2	372,57	745,13
Bomba	Emicol	1	36,00	36,00
Aerador	Whisper AP150	1	137,28	137,28
Total				3.378,11

Somando os custos de cada componente, temos que o custo total de implantação do sistema é de R\$ 3.378,11. Além disso, de acordo com Shayani *et al.* (2016), o custo de manutenção para componentes de energia solar é desprezível, visto que estes são fabricados para possuir vida útil muito grande.

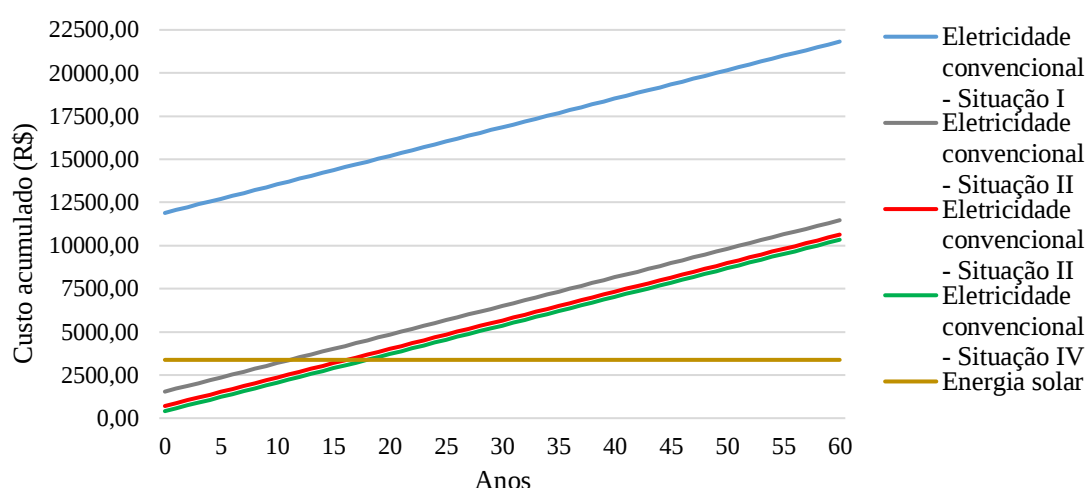
Baseado em dados fornecidos por NAPER (2008), foi construída a Tabela 3, que apresenta os custos, em reais, de instalação da rede elétrica para regiões mais distantes que 10 km de lugares já eletrificados, considerando quatro diferentes situações: a presença de 5, 10, 15 e 20 domicílios. É importante destacar que essa pequena quantidade de domicílios é comum em assentamentos, como é o caso do assentamento Trangola que serviu de base para este estudo.

Tabela 4. Custos de instalação da rede elétrica para regiões a distâncias superiores a 10 km de lugares já eletrificados. Fonte: Love *et al.*, 2015 (Adaptado)

Situação	Quant. de domicílios	Custo (R\$)	Custo por domicílio (R\$)
I	5	59.455,67	11.891,13
II	10	15.383,21	1.538,32
III	15	10.558,59	703,91
IV	20	8.146,26	407,31

Além disso, para o cálculo do custo de manutenção, foi consultado o site da provedora local de eletricidade, a COSERN (2016). Obteve-se que, para uma propriedade rural (perfil mais encontrado em lugares remotos do país), o preço cobrado pelo kWh é de R\$ 0,37795684. Sabendo que a energia demandada pelo sistema é de 1,2 kWh por dia, obteve-se que o custo por ano para manter a produção por aquaponia funcionando é de R\$ 165,55.

Dessa forma, com o objetivo de realizar a comparação de custos, a curva de custo acumulado da energia solar, por domicílio, foi plotada juntamente com as curvas para eletrificação convencional. Essas últimas foram geradas a partir de dados da provedora local de eletricidade (COSERN). Este gráfico pode ser visualizado na Figura 4.

**Figura 4. Breve comparação do custo acumulado entre a energia solar e a convencional.**

Como pode ser visto, o custo da energia solar é menor que o custo acumulado da eletricidade convencional na Situação I, e torna-se menor que o custo acumulado nas Situações II, III, IV após um período que varia de 12 a 18 anos. Isso garante a viabilidade econômica de seu uso a longo prazo.

4. CONCLUSÕES

Após a pesquisa e estudo executado de acordo com a metodologia descrita neste trabalho, relativa à análise econômica-social-ambiental da implantação de um conjunto solar fotovoltaico em um sistema aquapônico no interior do Nordeste brasileiro:

1. A implantação do conjunto de placas solares alcança sua viabilidade econômica, em pelo menos, 12 anos. Torna-se mais executável à medida que o local destino se torna mais longe de um centro que já possui eletricidade e menor o número de domicílios agrupados;
2. Esta nova associação traz benefícios ao ambiente tendo em vista que a fonte de energia é considerada renovável, não agredir diretamente o meio ambiente, é uma energia limpa, e os danos indiretos são considerados baixos;
3. Possui impacto social positivo tendo em vista que proporciona uma fonte de renda aos beneficiados visto que viabiliza o sistema aquapônico, que por sua vez, possibilitará a venda de peixes, verduras e legumes;
4. A inexistência de conjuntos pré-prontos para o sistema aquapônico-solar reduz a viabilidade econômica, a aquisição destes kits é bastante comum em países como a Austrália, Canadá, Estados Unidos e Israel para se otimizar o retorno financeiro do sistema.

5. REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas (ANA). Atlas nordeste: abastecimento urbano de água. Alternativas de oferta de água para as sedes municipais da Região Nordeste do Brasil e do Norte de Minas Gerais: resumo executivo. / Agência Nacional de Águas; Fórum de Secretários de Recursos Hídricos do Nordeste e Minas Gerais. Brasília: ANA, 2006. 154 p.
- A. V. Barbosa, A governamentalidade e o desenvolvimento internacional: um estudo de caso do acordo do Nordeste de 1962. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação em Relações Internacionais do Instituto de Relações Internacionais da PUC-Rio. Rio de Janeiro. 2010. 92 p.
- Portal Brasil. Programa Cisternas democratiza acesso à água no Semiárido. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/cidadania-e-justica/2016/05/programa-cisternas-democratiza-acesso-a-agua-no-semiarido>. Acessado em: 04/05/2016.
- Instituto Nacional do Semiárido (INSA). Relatório Popularizado 2015: consolidando o pensar e o fazer ciência no semiárido brasileiro. Campina Grande: INSA, 2016. 66 p.
- N. K. Moluguri, C. R. Murthy, V. Harshavardhan, 2016. Solar Energy System and Design, Materials today: Proceedings 3, p. 3637-3645.
- Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Nordeste em números 2015. Recife: SUDENE, 2016. 268 p.
- G. Pepermans et al., Distributed generation: definition, benefits and issues, Energy Policy. 33 (2005) 787–798.
- V.R.M. Cobas, E.S. Lora, Geração de eletricidade a partir da biomassa com tecnologias avançadas de geração distribuída. In: Encontro de Energia no Meio Rural, 4., 2002, Campinas.
- R.V. Tyson; D.D. Treadwell; E.H. Simonne, Opportunities and Challenges to Sustainability. Hortscience, 21: 6-13, 2011.
- J. Van Rijn. Waste treatment in recirculating aquaculture systems. Aquacultural Engineering 53: 49-56, 2013.
- J. E. Rakocy, T. M. Losordo, M. P. Masser, Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics - Integrating fish and plant culture. Southern Reg. Aquaculture Center Publications No. 454. 2006.
- Graber, A.; Junge, R. Aquaponic systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. Desalination, 246: 147-156, 2009.
- Carneiro, P.C.F.; Maria, A.N.; Nunes, M.U.C; Fujimoto, R.Y . Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais. In: Tavares- Dias, M. & Mariano, W.S. (Org.). Aquicultura no Brasil: novas perspectivas. São Carlos, Editora Pedro & João, 2015.
- Ginkel, S. W., Igoul, T., Chen, Y. Energy, water and nutrient impacts of California-grown vegetables compared to controlled environmental agriculture systems in Atlanta, GA. Resources, Conservation and Recycling 122 (2017) 319–325.
- Somerville, C.; Cohen, M.; Pantallena, E.; Stankus, A.; Lovatelli, A. Small Scale Aquaponic Food Production: Integrated Fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 589: 266 p, 2014.
- Connolly, K.; Trebic, T. Optimization of a backyard aquaponics food production system. 2010. 74 p.
- Masters, G. M. Renewable and efficient electric power systems. John Wiley and Sons, New Jersey, 640 p. 2004.
- Love, D.C., Uhl, M.S., Genello, L., 2015. Energy and water use of a small-scale raftaquaponics system in Baltimore, Maryland, United States. Aquacultural Engineering 68 (2015) 19–27.
- Mekonnen, M. M.; Hoekstra, A. Y. A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. Ecosystems 15, 401-415, 2012.
- Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, Hydrology and Earth System Sciences, 15(5): 1577-1600, 2011.
- Shayani, R.A.; Oliveira, M.A.G; Camargo, I. M. T. Comparação do custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais. V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Brasília, DF, 2006.
- NAPER - Núcleo de apoio a Projeto de Energias Renováveis. Análise econômica comparativa entre diferentes opções para a eletrificação. UFPE. Recife, 2008.
- COSERN - Companhia Energética do Rio Grande do Norte. Tabela de tarifas e preços finais de energia elétrica para fornecimento em baixa tensão. Rio Grande do Norte, 2016.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

EVALUATION OF THE IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN A AQUAPONIC COMPLEX IN THE BRAZILIAN NORTHEAST

Gabriel De Albuquerque Barbosa Baumann, baumann.gabriel@hotmail.com

Nícolas Matheus da Fonseca Tinoco de Souza Araújo, nicolas.tinoco@hotmail.com

Felipe Pinheiro Maia, felipepm99@hotmail.com

Marcelo Araújo Delgado Filho, marcdelf6@gmail.com

Luiz Guilherme Meira de Souza, lguilherme@dem.ufrn.br

Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Departamento de Engenharia Mecânica. Avenida Senador Salgado Filho, S/N. Caixa Postal 1524 - Campus Universitário - Lagoa Nova, CEP 59072-970, Natal-RN, Brasil.

Abstract. *Aquaponics, in a context of food insecurity, presents itself as a viable new food production strategy in environments that present unfavorable conditions for traditional forms of planting, such as water scarcity or inadequate soils, since it does not require the use of soils, it is more efficient and requires less water resources than traditional agriculture. Solar energy is ideal for supplying the low energy demand required by an aquaponics system, especially in regions not connected to the energy grid and in regions of high solar incidence, such as the Brazilian semiarid. The objective of this work is to propose an aquaponics system powered exclusively by solar energy, carrying out its dimensioning and costing, in order to evaluate its viability. As a result, the complete design of the equipment necessary for the use of solar energy was obtained, a computational model of the projected solar-aquaponic system and the cost curves accumulated over the years. It was concluded that in terms of cost, solar energy has an advantage over conventional electrification from 12 years, which, together with its other social-environmental benefits, guarantees its long-term viability.*

Keywords: *Aquaponics, Food production, Solar Energy, Dimensioning, Cost analysis.*