

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO PARA IRRIGAÇÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR

Mayara Soares Campos (UFPA) - msc.campos@outlook.com

Fábio Bezerra (UFRA) - fabio.bezerra@ufra.edu.br

Licinius Dimitri Sá de Alcantara (UFRA) - licinius@ufra.edu.br

Resumo:

Muitas vezes comunidades agrícolas encontram-se em locais desassistidos em infraestrutura e fontes de energia. Dessa forma, um modelo energético autossustentável baseado em sistemas capazes de prover energias oriundas de fontes alternativas e de baixo custo de operação, como os sistemas fotovoltaicos, pode mudar o cenário de escassez e alavancar o desenvolvimento humano nessas localidades, ao mesmo tempo incentivando o uso consciente dos recursos disponíveis. Neste trabalho é feita uma análise técnica e de custos de um sistema fotovoltaico de bombeamento para fins de irrigação, que poderá servir como uma referência primária para agricultores familiares que almejam planejar-se a fim de obter pequenos incentivos e financiamentos no atendimento de sua demanda energética e estimular sua produtividade dentro de um bom custo/benefício. Observou-se através desta análise que é possível dimensionar um sistema para bombeamento fotovoltaico e irrigação de forma adequada, sem desperdícios de altos volumes diários de água na sua operação, e de baixo custos de instalação e manutenção para o agricultor familiar.

Palavras-chave: *Modelo Energético Sustentável, Bombeamento Fotovoltaico, Agricultura Familiar*

Área temática: *Mercado, economia, política e aspectos sociais*

Subárea temática: *Impactos sociais, econômicos e ambientais de energias renováveis*

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO PARA IRRIGAÇÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR

Mayara Soares Campos – msc.campos@outlook.com
Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais
Fábio de Lima Bezerra – fabio.bezerra@ufra.edu.br
Licinius Dimitri Sá de Alcântara – licinius@ufra.edu.br
Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Ciberespacial

Resumo. Muitas vezes comunidades agrícolas encontram-se em locais desassistidos em infraestrutura e fontes de energia. Dessa forma, um modelo energético autossustentável baseado em sistemas capazes de prover energias oriundas de fontes alternativas e de baixo custo de operação, como os sistemas fotovoltaicos, pode mudar o cenário de escassez e alavancar o desenvolvimento humano nessas localidades, ao mesmo tempo incentivando o uso consciente dos recursos disponíveis. Neste trabalho é feita uma análise técnica e de custos de um sistema fotovoltaico de bombeamento para fins de irrigação, que poderá servir como uma referência primária para agricultores familiares que almejam planejar-se a fim de obter pequenos incentivos e financiamentos no atendimento de sua demanda energética e estimular sua produtividade dentro de um bom custo/benefício. Observou-se através desta análise que é possível dimensionar um sistema para bombeamento fotovoltaico e irrigação de forma adequada, sem desperdícios de altos volumes diários de água na sua operação, e de baixo custos de instalação e manutenção para o agricultor familiar.

Palavras-chave: Modelo Energético Sustentável, Bombeamento Fotovoltaico, Agricultura Familiar

1. INTRODUÇÃO

O sistema de geração fotovoltaica (FV) é uma solução sustentável, ecológica e econômica nas propriedades de comunidades rurais isoladas (Vicentin, 2014), como alternativa de se obter energia elétrica, através da conversão direta da radiação solar em energia elétrica a partir das células fotovoltaicas (Borges e Sera, 2010), substituindo o uso de outras fontes não renováveis como uso de motor a diesel, que além de ser poluente, possui alto valor econômico e custo de manutenção (Alvarenga *et al.*, 2014). O aproveitamento da energia solar poderá proporcionar no futuro uma redução do impacto negativo que o uso da energia baseada em fontes como combustíveis fósseis e carvão geralmente exercem sobre o meio ambiente e a saúde.

A tecnologia fotovoltaica aliada ao bombeamento de água em poços artesianos e/ou poços simples (ex: caipira ou cacimba) em propriedades rurais longe das redes convencionais de energia, permite o aumento de renda de agricultores e suas comunidades, através do aumento da produtividade da terra, sem precisar modificar uma extensa área natural e seu ecossistema durante a sua instalação, atende as necessidades básicas de higiene e preparo de alimentos, melhorando com isso, a qualidade de vida.

É imprescindível o contínuo fornecimento de energia elétrica para os sistemas de irrigação que atendam as unidades agrícolas (Kolling *et al.*, 2004). O sistema fotovoltaico se encontra tecnicamente consolidado e vem sendo adotado para eletrificação rural, e também como uma das principais aplicações no bombeamento de água para abastecimento de animais ou para tanques de piscicultura, além da irrigação de lavouras (ABINEE, 2012).

A agricultura familiar é responsável por 75% dos alimentos que vão para a mesa do brasileiro (EMBRAPA, 2014). No Censo Agropecuário 2017, estima-se que 3.897.408 estabelecimentos agropecuários foram classificados como agricultura familiar, o que representa 77% dos estabelecimentos agropecuários levantados por este censo, ocupando uma área de 80,89 milhões de hectares, ou seja, 23% da área total dos estabelecimentos agropecuários brasileiros. Em relação ao uso da terra, destes 80,89 milhões de hectares da agricultura familiar, 48% eram destinados a pastagens, enquanto que a área com matas, florestas ou sistemas agroflorestais ocupavam 31% das áreas, e por fim, as lavouras, que ocupavam 15,5% (IBGE, 2019).

Ao considerar que a produção agrícola responde por uma parcela expressiva da renda nacional e que os pequenos agricultores possuem alta vulnerabilidade às mudanças climáticas (SEO, 2011), Magrin *et al.* (2007) e Seo (2011) afirmam que é necessária a irrigação em pequena escala na agricultura familiar como importante medida adaptativa às tendências de aquecimento futuro.

Diante da importância da irrigação em lavouras na agricultura familiar, as políticas de crédito específicas para produtores menos capitalizados se fazem necessárias. Atualmente, o produtor rural possui inúmeras possibilidades de conseguir uma linha de financiamento. Entre as linhas de crédito que incentivam a geração de renda no campo através de financiamento para quem deseja investir em tecnologias que possibilitam explorar fontes energias renováveis, como

a energia solar, e também obras de armazenamento de água, irrigação, etc, está o Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) ECO que passou a contemplar a instalação de equipamento para a produção de energia fotovoltaica.

O produtor familiar que comprove seu enquadramento mediante apresentação da Declaração de Aptidão ao PRONAF (DAP) ativa, tem limite máximo do financiamento de R\$ 165.000,00, com juros de 2,5% a.a. para projetos técnicos ou proposta para investimento ECO (BASA, 2019), com intuito de atrair agricultores familiares a aderirem ao crédito de financiamento do PRONAF ECO para o sistema de bombeamento fotovoltaico de irrigação e outras tecnologias no campo. Este trabalho tem como objetivo apresentar informações técnicas e de custos sobre um sistema fotovoltaico de bombeamento destinado a irrigação. Sistemas fotovoltaicos de bombeamento não requerem bancos de baterias, já que fazem uso de reservatórios elevados de água como armazenadores de energia potencial gravitacional, o que torna o sistema mais econômico e com menor impacto ambiental em uma comunidade agrícola para melhorar a renda, a qualidade de vida e produção dos agricultores familiares.

2. MATERIAL E MÉTODO

Como forma de avaliar o custo de uma implantação do sistema de bombeamento fotovoltaico para irrigação, foi tomada como referência experiência adquirida anteriormente acerca de sistemas de bombeamento instalados em comunidade vila agrícola, localizada às proximidades do município de São Miguel do Guamá-PA, conforme mostrado na Fig. 1, onde foram realizados levantamentos prévios de informações dos terrenos disponíveis e espécimes cultivados. O arranjo fotovoltaico de cada sistema possui dimensões proporcionais à potência máxima fornecida. No caso foram usados dois painéis fotovoltaicos, modelo SF 125X125-72-M(L) de 85 watts-pico (Fig. 2A), onde os dois foram ligados em série. Além do painel, foi utilizada a bomba d'água de modelo Anauger Solar P100 (Fig. 2B), que opera a energia elétrica pulsada, a qual é fornecida e controlada pelo driver 100 da Anauger (Fig. 2C) que acompanha este modelo de bomba. Este driver também incorpora uma função de proteção ao sistema, desligando caso ocorra um aumento de corrente ou tensão fora dos limites, dispensando o uso de fusíveis ou outros componentes adicionais de proteção elétrica (Anauger Solar, 2011).

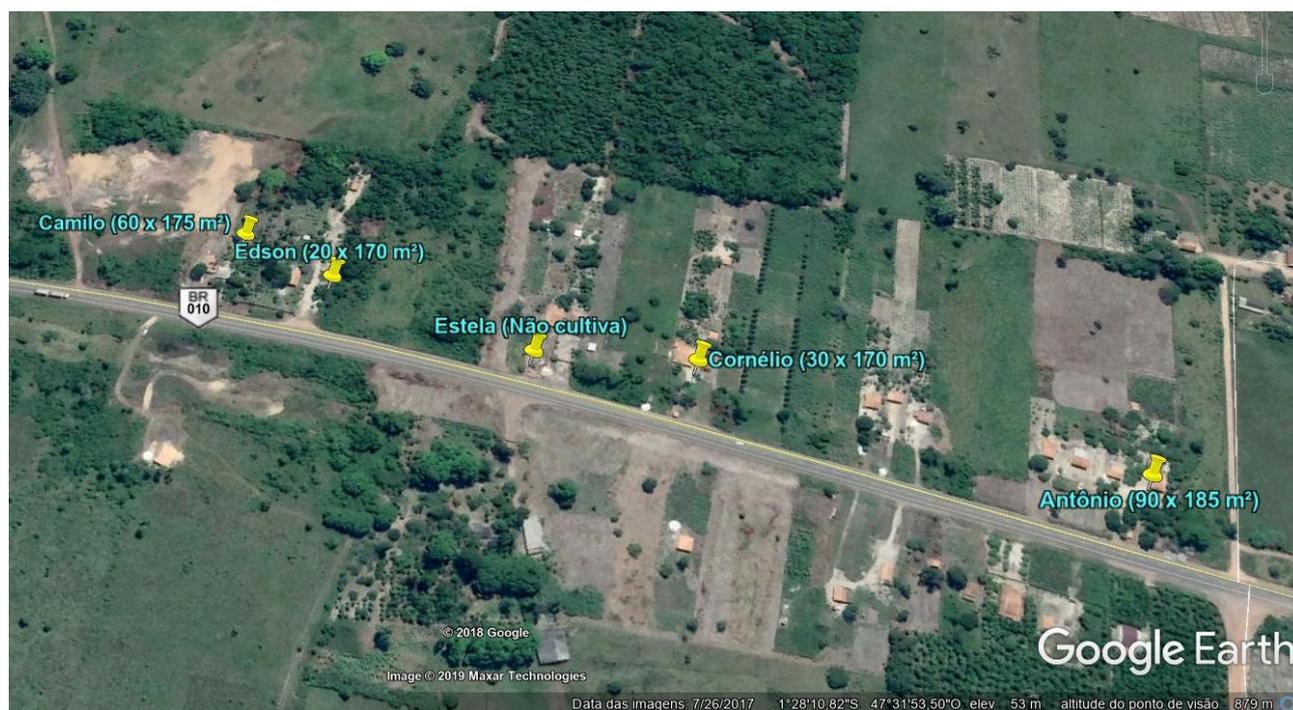


Figura 1 – Pequenas lavouras em comunidade de vila agrícola, localizada nas proximidades do município de São Miguel do Guamá-PA. Fonte: Google Earth.

Com a finalidade de armazenar a água bombeada a partir do poço artesiano e atuar como um reservatório, utiliza-se uma caixa d'água (Fig. 2D) dimensionada adequadamente para cumprir o papel de armazenamento de energia, ao acumular a água transferida pela bomba a um local mais elevado (maior energia potencial gravitacional). Com isso, compreende-se que para o planejamento de implantação de um sistema de bombeamento para atender o processo de irrigação em comunidades com agricultura familiar, deve-se considerar a disponibilidade de algum recurso hídrico (lençol de água subterrânea, açude, represa, etc.) e da incidência de raios solares, os quais são as fontes de energia para o sistema elétrico e hidráulico. O tamanho, a localização da lavoura e o tipo do recurso hídrico também influem na configuração do sistema de bombeamento.

O sistema de irrigação adotado como referência é o de gotejamento (Fig. 3), no qual a água é aplicada na forma de gotas em pequenos pontos no solo e é mais adequado para solos com presença de argila, sendo, um sistema de irrigação que mais economiza água, porque em um dado tempo sai pouca água da mangueira de polietileno de 16 ou 18 mm pelos gotejadores (Alvarenga et al., 2014).



Figura 2 – (A) Painéis fotovoltaicos; (B) Bomba d'água vibratória; (C) Driver; (D) Caixa d'água.



Figura 3- Canalização de gotejamento para irrigação.

A implantação deste sistema fotovoltaico de bombeamento para irrigação da pequena lavoura na comunidade atende de maneira integrada ao uso dos recursos renováveis localmente acessíveis, promovendo assim o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável. Favorece também o plantio de culturas como pomares, hortaliças e as denominadas culturas orgânicas, as quais requerem, além dos nutrientes adequados, uma regularidade na sua irrigação (Coelho *et al.*, 2014).

Entre as plantações das residências escolhidas da comunidade estavam o cultivo de: mandioca, tomate, cebola, abóbora, repolho, alface, pimentinha, além de culturas alimentares como feijão e espécie frutíferas. O sistema de irrigação por gotejamento visa atender a princípio as hortaliças, por estarem espacialmente próximas dentro do terreno. Entretanto, há a possibilidade do produtor expandir a área de cultivo com mais espécies para fazer parte do cardápio diário dos moradores da comunidade, assim como, o excedente da produção pode ser comercializado na cidade.

3 ANÁLISE TÉCNICA E DE CUSTOS

Esta seção aborda aspectos técnicos dos componentes essenciais para a irrigação em pequenas lavouras usando energia a partir da conversão de irradiância solar em energia elétrica: sistema fotovoltaico de bombeamento e sistema de irrigação. Também é feita uma estimativa de custo para cada sistema e, ao final desta seção, é comentada a opção de obtenção de crédito rural para investimento inicial na instalação dos sistemas.

3.1 Sistema fotovoltaico de bombeamento

O sistema de bombeamento fotovoltaico básico, implantado em pequenas propriedades rurais para atender a irrigação de lavoura em terrenos com dimensões variando de 20 a 90 metros, de frente para a Rodovia BR-010 por 175 a 185 metros de profundidade, é composto por três componentes principais: um arranjo fotovoltaico, um driver que

serve para ligar os painéis à bomba, e, uma bomba-d'água vibratória submersa (Fig. 4). Neste sistema, os painéis fotovoltaicos convertem energia solar em corrente elétrica que alimenta o driver, o qual é acoplado à bomba d'água.

A energia elétrica proveniente dos painéis fotovoltaicos é armazenada em capacitores contidos no driver e convertida em impulsos de energia constantes e espaçados em função do nível de radiação solar. Sempre haverá bombeamento de água enquanto houver luz do dia (Anauger Solar, 2011), mas neste caso a taxa de bombeamento variará de acordo com a intensidade da radiação solar recebida.

O sistema fotovoltaico, alimentado por 2 painéis de 85Wp cada, fornece uma vazão máxima (bombeamento sem desnível de altura) de aproximadamente 8.600 Litros/dia sob uma irradiação solar diária de 6,0 kWh/m².



Figura 4– Componentes principais de um sistema de bombeamento fotovoltaico. Os módulos solares são de 85 Wp e tensão de 17 volts cada, ligados em série. Fonte: Anauger Solar, 2011.

A esse conjunto de componentes deve-se acrescentar um reservatório para a água (caixa d'água) dimensionada apropriadamente, pois, o sistema de bombeamento funciona sem baterias para armazenamento de energia, e o armazenamento da água em reservatórios é a solução mais comumente adotada na maioria das aplicações de bombeamento (Kolling *et al*, 2004). Além disso, são necessários acessórios para instalação e operação do sistema, como fios condutores, mangueiras, válvula hidráulica, etc. A Fig. 5 ilustra o diagrama de um reservatório de polietileno aditivado com antioxidante e proteção contra raios ultravioleta, com algumas opções de dimensionamento para este tipo de aplicação, o qual depende da área de cultivo e do tipo de irrigação adotada. Devido aos limites de capacidade do reservatório e outros motivos que serão explicados na seção 3.2, o tipo de irrigação mais adequado é o de irrigação por gotejamento. No orçamento da instalação do sistema é necessário aplicar uma margem de custo destinada a materiais e mão de obra necessários à construções de suportes, tanto para a caixa d'água quanto para o arranjo fixo de painéis fotovoltaicos. O suporte fixo para os painéis deve garantir que os mesmos tenham uma orientação adequada voltada para os raios solares, sendo que esta orientação depende da latitude do local.

Para consultar a vazão de água diária, é necessário calcular a altura manométrica (H), que é a altura equivalente considerando a altura real (h) e o comprimento da mangueira que liga a bomba ao reservatório (L). A Fig. 5 também fornece meios para a estimativa de H, levando em conta um sistema que bombeia água a uma altura manométrica de até 40 metros.

O gráfico da Fig. 6 mostra a vazão de água bombeada diariamente, a qual depende da altura manométrica (coluna d'água) e da potência de pico do módulo fotovoltaico empregado (Anauger Solar, 2011). Pode-se observar o comportamento da vazão fornecida em termos da potência de pico empregada na bomba d'água e da altura manométrica H. Observa-se que para uma potência dos painéis solares de 170 Wp, adotada no projeto, temos uma melhor vazão para uma irradiação solar de referência de aproximadamente 6,0 kWh/m² por dia. Desta forma, dependendo da potência total dos painéis e da capacidade máxima de operação da bomba, é possível modificar o projeto para aumentar o volume d'água bombeado diariamente. Logo, com o suporte da energia fotovoltaica é possível viabilizar todo tipo de cultivo tornando-os competitivos no mercado consumidor.

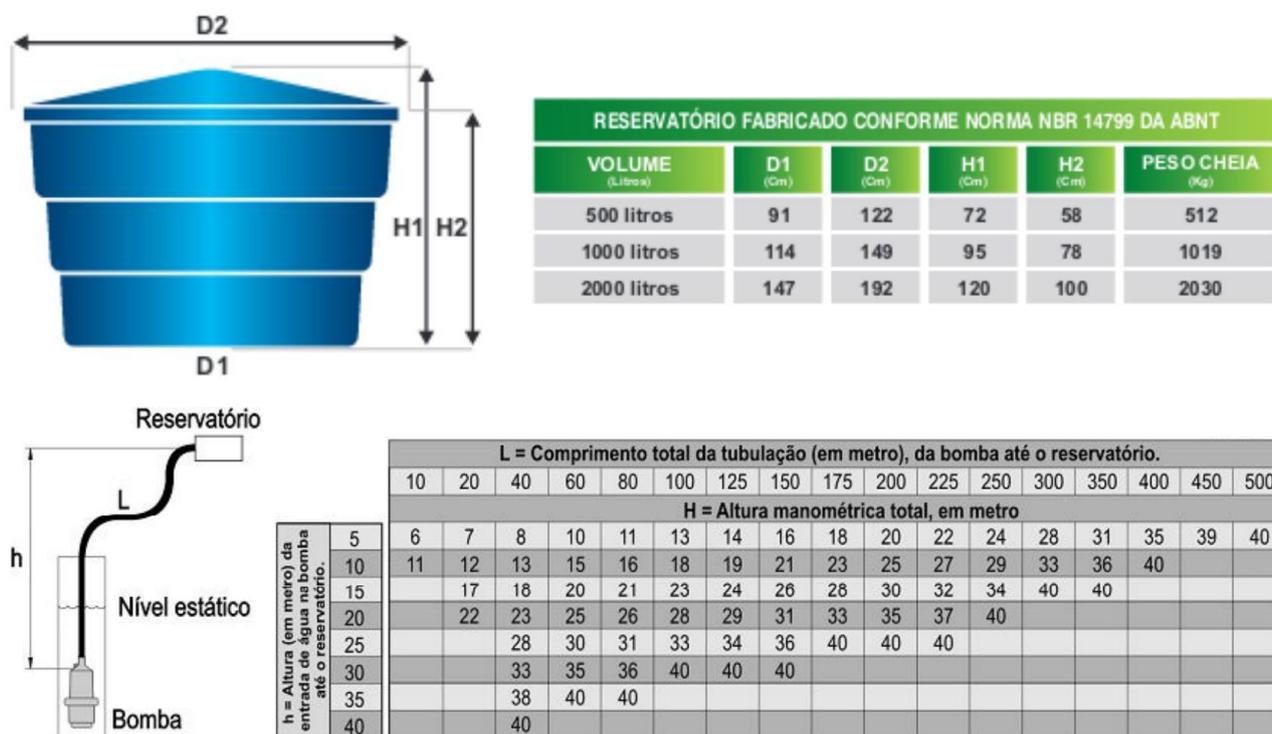


Figura 5 – Características de reservatório para água e cálculo da altura manométrica. Fonte: Anauger Solar, 2011.

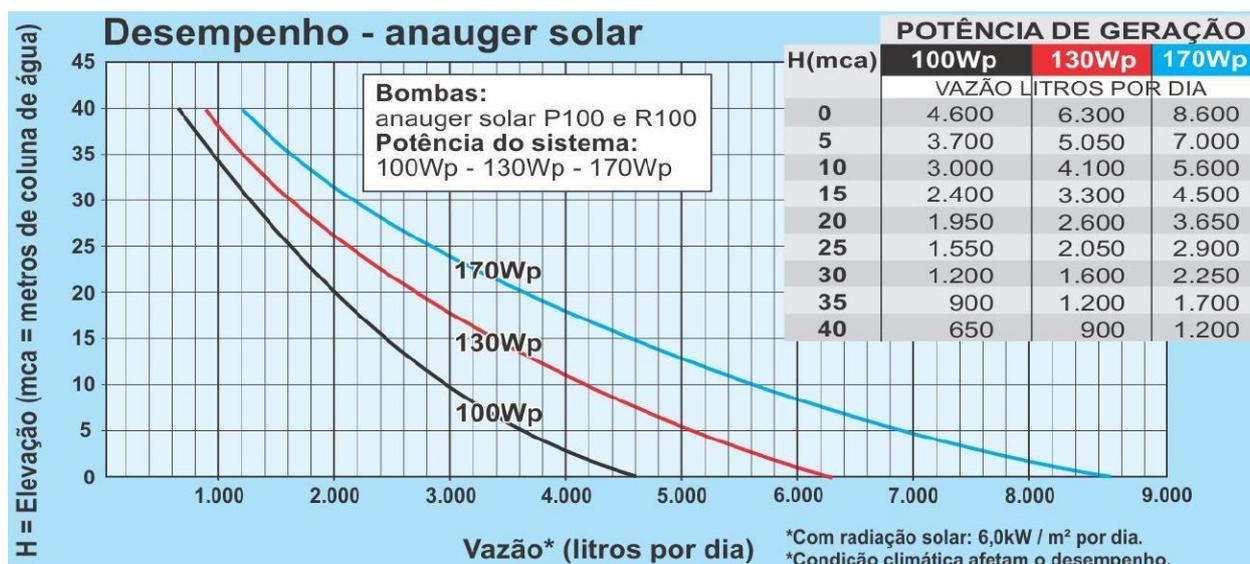


Figura 6- Curva de desempenho de bombeamento. Fonte: Anauger Solar, 2011.

O custo de investimentos iniciais fornecidos na Tab. 1 apresenta os valores gastos na propriedade para gerar energia elétrica na irrigação da lavoura. No caso de não haver disponibilidade de recursos hídricos superficiais (açude, represa, rio, lago, etc.) nas proximidades do terreno para cultivo, e se também não houver poço semi-artesiano previamente instalado, então deve ser considerado no orçamento, materiais e serviço de perfuração e construção do poço. Este custo vai variar com a profundidade e com o diâmetro do poço. O modelo de bomba Anauger P100 requer diâmetro mínimo de 6 polegadas para o poço. Na Tab 1 é incluída uma estimativa considerando um poço semi-artesiano de 30 metros e custo de R\$ 200,00 por metro. Entretanto, devido à grande variabilidade das características do subsolo e dos custos de serviço, em caso de necessidade de construção do poço semi-artesiano, é recomendável o produtor entrar previamente em contato com empresas de perfuração para realização de análise técnica e orçamento específico ao seu terreno.

Atualmente no mercado existe o kit bombeamento Solar com as três principais componentes, com valor em média de R\$ 2.200,00 das mesmas características apresentadas na Tab. 1, contudo, outras opções estão à disposição para venda. Algumas características são apresentadas na Tab. 2, identificando o kit de painel e bomba, e também o tipo de captação de água e as características de altura e vazão para que o sistema se torne eficiente.

Tabela 1- Custo de investimento inicial dos componentes de bombeamento FV

PRODUTO	Preço(R\$)
2 Painéis FVde 85Wp	900,00
Motor Bomba + drive que opera a corrente contínua	1.700,00
Acessórios para instalação e operação do sistema, como fios condutores, mangueiras, válvula hidráulica, etc	1.000,00
Caixa d'água 2000 litros	600,00
Material e mão de obra para a construção de suportes para a caixa d'água e painéis solares.	2.000,00
Custo Total (sem poço semi-artesiano)	6.200,00
Material e mão de obra para a perfuração e construção de poço semi-artesiano (diâmetro de 6", profundidade de 30 m).	6.000,00
Custo Total (com poço semi-artesiano)	12.200,00

Tabela 2- Características técnicas dos kit's Bombeamento Solar.

KIT	BOMBA	PAINEL	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA (m)	VAZÃO DIÁRIA(L/dia) *	TIPO
Kit Bombeamento Solar Anauger P100-até 4.600L/dia (120Wp)	Anauger P100	2x Painel Solar Fotovoltaico de 60Wp	40	650 a 4.600	Poço
Kit Bombeamento Solar Anauger P100 - Até 8.600 L / dia (180Wp)	Anauger P100	2x Painel Solar Fotovoltaico de 90Wp	40	1.200 a 8.600	Poço
Kit Bombeamento Solar Anauger R100 - Até 4.600 L / dia (120Wp)	Anauger R100	2x Painel Solar Fotovoltaico de 60Wp	40	650 a 4.600	Reservatório
Kit Bombeamento Solar Anauger R100 - Até 8.600 L / dia (180Wp)	Anauger R100	2x Painel Solar Fotovoltaico de 90Wp	40	1.200 a 8.600	Reservatório
*Kit Bombeamento Solar SHURFLO 8000 (90Wp)	Shurflo 8000	1x Painel Solar de 90Wp	14	2.115 a 2.450	Superfície Flutuante
*Kit Bombeamento Solar SHURFLO 8000 (155Wp)	Shurflo 8000	1x Painel Solar Fotovoltaico de 155Wp	42	1.700 a 2450	Superfície Flutuante
*Kit Bombeamento Solar SHURFLO 2088 (155Wp)	Shurflo 2088	1x Painel Solar Fotovoltaico de 155Wp	14	2.910 a 3960	Superfície Flutuante
*Kit Bombeamento Solar SHURFLO 2088 (180Wp)	Shurflo 2088	2x Painel Solar Fotovoltaico de 90Wp	35	1.980 a 3.960	Superfície Flutuante
*Kit Bombeamento Solar SHURFLO 9325 (180Wp)	Shurflo 9325	2x Painel Solar Fotovoltaico de 90Wp	70	1.500 a 2.100	Poço
* ¹ Kit Bombeamento Solar GRUNDFOS SQF 2.5-2 (840Wp)	Grundfos SQF 2.5-2	3 Painéis Solares Fotovoltaicos de 280Wp	119,9	3700 a 30300	Poço Reservatório
* ¹ Kit Bombeamento Solar GRUNDFOS SQF 2.5-2 (1960Wp)	Grundfos SQF 2.5-2	7 Painéis Solares Fotovoltaicos de 280Wp	115	9000 a 31700	Poço Reservatório

*Para as bombas Shurflo o cálculo foi feito considerando 5 horas por dia de sol pleno.

*¹ Para as bombas Grundfos o cálculo foi feito considerando sol pleno de 10h as 16h e zero perda por atrito na tubulação e altura física do solo próximo a zero, Latitude: -30m/ Longitude -51,2m.

3.2 Sistema de irrigação

O tipo e o dimensionamento do sistema de irrigação devem ser compatíveis tanto com o terreno a ser cultivado, quanto com a capacidade do sistema de bombeamento e a disponibilidade de água. Conforme descrito por Esteves et al. (2012), é evidente o aumento da demanda de água e utilização inadequada dos recursos hídricos pelas atividades humanas. Portanto, é crescente a busca por métodos mais eficientes, que reduzam os desperdícios e mantenham a qualidade e a produtividade das culturas.

O sistema de irrigação por gotejamento é uma excelente opção, principalmente por proporcionar um consumo moderado de água em comparação a outros métodos de irrigação. Segundo Biscaro (2014) este tipo de sistema de irrigação pode chegar até 60% de economia de água, e com a utilização de filtros, favorece o bom desempenho e prolonga a vida útil das válvulas. Com isso, aumenta-se a eficiência de produção, uma vez que a vazão da água pode ser regulada de acordo com a necessidade da cultura cultivada na lavoura, otimizando a produção em pequenas propriedades que geralmente não têm acesso a melhorias.

Outra vantagem do sistema de irrigação por gotejamento, é que ele não requer pressão hidráulica muito elevada para a distribuição de água no terreno, pois esta é realizada de forma localizada por gotejadores bem distribuídos. Desta forma, a irrigação pode ser realizada por gravidade utilizando um reservatório d'água a uma altura moderada. Se fosse optado por um sistema baseado em aspersores, uma pressão bem mais elevada seria necessária para espalhar água na lavoura, o que iria requerer o posicionamento do reservatório d'água em uma altura bem mais elevada, o que tornaria a configuração do sistema de bombeamento mais onerosa.

O sistema de irrigação por gotejamento aplica água apenas nos pontos de interesse, reduzindo, assim, a superfície do solo que fica molhada, exposta às perdas por evaporação. Com isso, a eficiência de aplicação é bem maior e o consumo de água menor (Biscaro, 2014). A irrigação localizada é usada, em geral, sob a forma de sistema fixo, ou seja, o sistema é constituído de tantas linhas laterais quantas forem necessárias para suprir toda a área, onde não há a movimentação das linhas laterais após o sistema ser estabelecido (Esteves et al., 2012). A Fig. 7 fornece o diagrama de um sistema de irrigação por gotejamento disponível no mercado, que cobre uma lavoura em 500 m² de área. Contudo, o investimento dependerá da distância entre a lavoura e o ponto de água, a condição climática e a topografia do terreno (Biscaro, 2014).

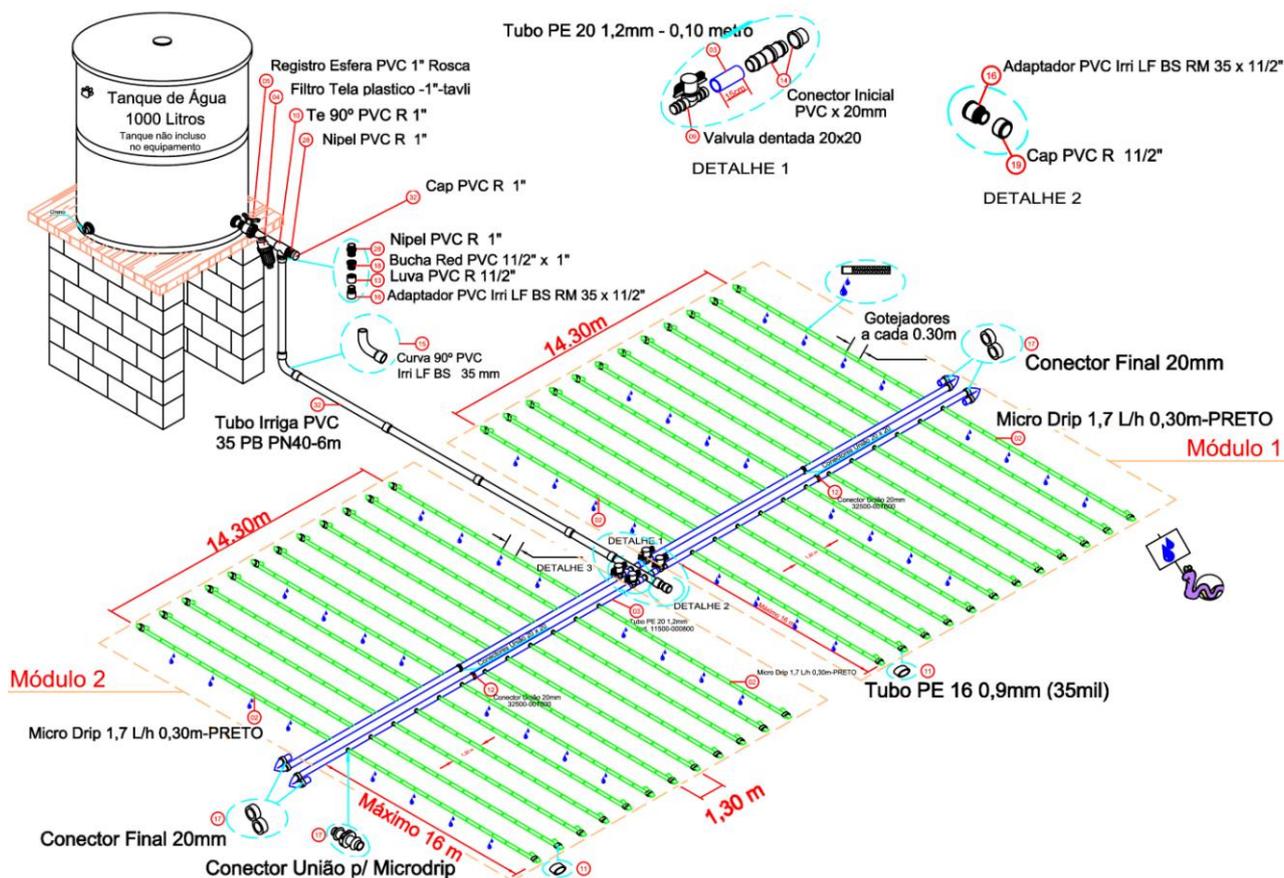


Figura 7- Diagrama do sistema de irrigação disponível no mercado. Este sistema em específico é designado para cobrir uma área de 500 m². Fonte: Adaptado de desenho técnico / KIFNET.

Existem no mercado kit's de irrigação por gotejamento, com preços variando na faixa de R\$ 1.700,00 a R\$ 3.000,00 com: Registro, Filtro, Tubulação, Tubos Gotejadores e Conexões (Tab.3). E a distribuição desses equipamentos na área de lavoura dependerá das dimensões do projetista sobre o terreno, sem que isso comprometa o

funcionamento racional e econômico do sistema (Biscaro, 2014). É possível visualizar que o sistema de irrigação por gotejamento é composto pela fonte de água, registro de controle, sistema de distribuição de água composto por linhas principais, de derivação e laterais, emissores, válvulas e outros dispositivos, conforme ilustra a Fig. 7.

Tabela 3- Composição de um kit irrigação por gotejamento.

Descrição das Componentes
Tubo Gotejador em polietileno (PE), com 8,0 mm de diâmetro, com vazão de 1,70 l/h, espaçamento de 0,30m entre gotejadores.
Tubo em polietileno (PE), com 20,0 mm de diâmetro, espessura de 1,20 mm.
Filtro de tela plástico de 1", com rosca macho, mesh 120.
Registro de esfera de policloreto de vinila (PVC) de 1", com rosca fêmea.
Conector união dentado de 8,0 mm de diâmetro.
Adaptador para caixa d'água com flange e anel de 1" com rosca fêmea.
Tê de redução em policloreto de vinila (PVC), de 1" X 3/4, com rosca.
Niple em policloreto de vinila (PVC), de 1", com rosca.

Fonte: Irrigation Global, 2019.

3.3 Opção de implantação via crédito rural

Um dos principais problemas que afetam os pequenos produtores são as dificuldades de acesso a terra, água e energia, levando a uma baixa sustentabilidade econômica e ambiental dos sistemas de produção (Costa, 2006), além da falta de capital inicial de investimento em sua própria infraestrutura. Nesse cenário, o uso de sistemas fotovoltaicos de bombeamento de água para irrigação e obtenção de produtos oriundos da agricultura de pequeno porte, tem o potencial de tornar-se parte de um sistema de produção que pode ser adotado em comunidades agrícolas, desde que obtenham financiamento de crédito.

Um dos bancos que fazem o financiamento do crédito rural na linha PRONAF ECO é o Banco da Amazônia, muito utilizada no Estado do Pará. No levantamento efetuado junto à Gerência de Microfinanças e Agricultura Familiar do referido banco, relativo ao ano de 2018 foi investido com empreendimento em eletrificação rural o total de R\$ 187.014,25 para oito produtores rurais no Estado do Pará, sendo a segunda maior aplicação do PRONAF ECO (Fig. 8). A média dos valores para um produtor agrícola foi de R\$ 23.376,78. Contudo, o limite máximo do financiamento pode chegar até R\$ 165.000,00.

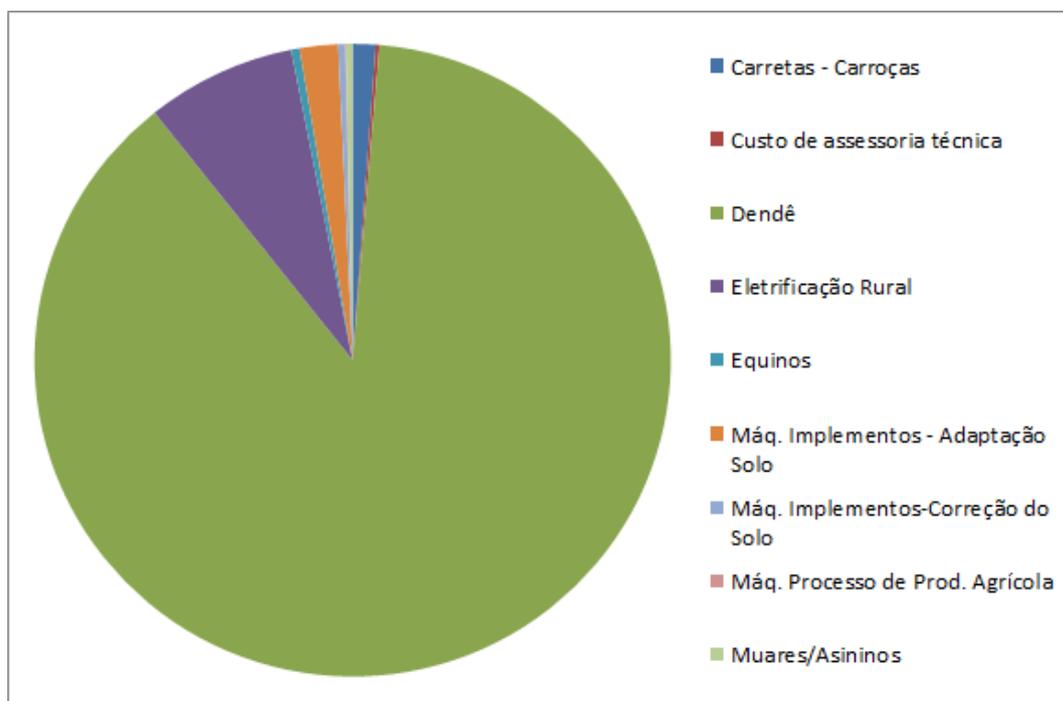


Figura 8- Empreendimento do PRONAF ECO no Estado do Pará em 2018. Fonte: Banco da Amazônia.

Considerando que o investimento inicial estimado do sistema fotovoltaico para armazenamento de água, mais o sistema de irrigação para a lavoura, está abaixo de R\$ 20.000, e os custos de operação e manutenção das placas solares são muito baixos e possuem aproximadamente 25 anos de vida útil, é possível recomendar o sistema como um

investimento seguro e rentável para o produtor rural. Assim, caso o pequeno produtor queira financiar a implantação de tecnologias baseadas no uso de energia renovável, promoverá o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável, favorecendo o plantio de culturas como pomares, hortaliças e as denominadas culturas orgânicas, das quais, necessitam, além dos nutrientes adequados, de uma regularidade na sua irrigação (Coelho *et al.*, 2014).

4. CONCLUSÃO

O produtor rural condiciona suas decisões pelo conhecimento técnico e acesso à informação. O fato de apresentar desconhecimento em relação aos custos e acessórios necessários para implantação de um modelo sustentável, baseado em fontes renováveis, constituem barreiras para a busca de financiamento para promover a massificação da tecnologia fotovoltaica em um país como o Brasil, com elevado nível de irradiação solar.

Com base em experiência adquirida em projeto anterior, este trabalho almeja ser um referencial básico, com informações técnicas necessárias para o planejamento do investimento em sistemas de bombeamento fotovoltaico para irrigação com baixo custo, que atendem a finalidade dos bancos que financiam crédito do PRONAF ECO ao promover tecnologia de energia renovável.

Além disso, este trabalho apresentou a viabilidade que o produtor de agricultura familiar tem em desenvolver atividade de cultivo que incentive a expansão da lavoura com mais espécies para fazer parte do cardápio diário dos moradores da comunidade, assim como, o excedente da produção pode ser comercializado na cidade.

Foi observado que é possível dimensionar um sistema para bombeamento fotovoltaico e irrigação de forma adequada, sem desperdícios de altos volumes diários de água na sua operação, e de baixo custo para o agricultor familiar. Além do mais, se não houver necessidade de perfuração e construção de poço semi-artesiano, o custo poderá ainda ser mais reduzido, já que este item é comparavelmete caro em relação a outros itens individuais do sistema e, caso não haja necessidade de sua inclusão no orçamento, isto pode reduzir significativamente o custo total do sistema de bombeamento fotovoltaico e irrigação.

REFERÊNCIAS

- ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, 2012. Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira. [S.l.: s.n.], pp. 1-176. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>. Acesso em: 22/08/19.
- Alvarenga, A. C., Ferreira, V. H., Fortes, M. Z., 2014. Energia solar fotovoltaica: uma aplicação na irrigação da agricultura familiar. Sinergia, São Paulo, v. 15, n. 4, pp. 311-318.
- Anauger Solar (Brasil), 2011. Manual p100-r100. 2011. Disponível em: <<http://www.anauger.com.br/index.php/linha-anauger-solar/anauger-solar-p100>>. Acesso em: 18/09/19.
- BASA - Banco da Amazônia, 2019. PRONAF Eco. Disponível em: <https://www.bancoamazonia.com.br/index.php/produtos-servicos/empresa/agricultura-familiar/PRONAF-eco>. Acesso em 11/11/2019.
- Biscaro, G. A., 2014. Sistema de irrigação localizada. Editora UFGD. Dourados, MS, 2014. 256p.
- Borges, C.G.R., Sera, A.S., 2011. Dimensionado mediante simulación de sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a la electrificación rural. Ingeniería Mecánica v.14, nº 1, p.13-21.
- Coelho, E. F. Silva, A. J. P. Da, Parizotto, I., Silva, T. S. M. da., 2014. Sistemas e manejo de irrigação de baixo custo para agricultura familiar. Brasília, DF: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2014, 47 p. Disponível em:<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/133043/1/Cartilha-Manejo-Irrigacao-03-09-2015.pdf>. Acesso em 12/09/19.
- Coelho, E. F.; Silva, T> S.M da; Parizotto, I; Silva, A. J. P da; Santos, D. B. Sistema de irrigação para agricultura familiar, 2012. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Circular Técnica, 106, 2012.
- Costa, H. S., 2006. Tecnologia apropriada para a agricultura familiar sustentável do semi-árido brasileiro: bombeamento solar de água para irrigação localizada. Enc. Energ. Meio Rural, An. 6.
- EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2014. A Embrapa no Ano Internacional da Agricultura Familiar. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/2014-anointernacional-da-agricultura-familiar>>. Acesso em 20/09/19.
- Esteves, B. L., Silva, D. G., Paes, H. M. F., Sousa, E. F., 2012. Irrigação Por Gotejamento. Niterói-RJ: Rio Rural. Manual Técnico n. 32.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos, v. 8, p. 1-105. Rio de Janeiro. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf, Acesso em 30/11/2019.
- Irrigation Global, 2019. Catálogo de kits de irrigação. Disponível em: https://www.irrigationglobal.com/contents/en-us/d20414_netakit_netafim_diy_drip_sprinkler_nutrition_kits.html. Acesso em 15/11/2019.
- Kolling, E. M. Souza, S.N.M.; Ricieri, R.P.; Sampaio, S.C.; Dallacort, R., (2004). Análise operacional de um sistema fotovoltaico de bombeamento de água. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.24, n.3, p.527-535.
- Magrin, G., Garcia, C. G., Choque, D. C., Gimenez, J. C., Moreno, A. R., Nagy, G. J., Carlos, N. E Villamizar, A. *Latin America*. In: Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., Van Der Linden, P. J. E Hanson, C. E. (Eds.), 2007.

Climate Change 2007: impacts, adaptation, and vulnerability – Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press. p. 581-615.

Seo, N., 2011. An analysis of public adaptation to climate change using agricultural water schemes in South America. *Ecological Economics*, v. 70, n. 4, p. 825-834.

Vicentin, T. A., 2014. Acionamento de dois sistemas de bombeamento alimentados por uma centralde microgeração fotovoltaica. 2014. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Agronomia (Energia na Agricultura), Universidade Estadual Paulista., Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY ANALYSIS OF THE PHOTOVOLTAIC PUMPING SYSTEM FOR IRRIGATION IN FAMILY AGRICULTURE

Abstract. *Farming communities often find themselves in locations lacking infrastructure and access to energy sources. Thus, a self-sustaining energy model based on systems capable of supplying energy from alternative sources and low cost of operation, such as photovoltaic systems, can change the scarcity scenario and leverage human development in these locations, while encouraging conscious use of available resources. In this paper a technical and cost analysis of a photovoltaic pumping system for irrigation purposes is made, which may serve as a primary reference for family farmers who want to plan in order to obtain small incentives and financing to meet their energy demand, aiming to boost their productivity within a good benefit-cost ratio. It was observed through this analysis that it is possible to design a system for photovoltaic pumping and irrigation properly, without wasting high daily volumes of water in its operation, and with low installation and maintenance costs for the family farmer.*

Key words: *Sustainable Energy Model, Photovoltaic Pumping, Family Farming*