

Proposta de energia renovável para agricultura familiar em propriedades rurais no Município de Paty do Alferes - RJ

 Juliana Lobo Paes¹,  Mayara Barros Ferreira²,  Mariana Otero Nogueira³,  Madelon Rodrigues Sá Braz⁴,  Marden Manuel Rodrigues Marques⁵

¹Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Departamento de Engenharia/Instituto de Tecnologia. BR-465, Km 7. Seropédica – RJ. Brasil. ²Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. ³Universidade Federal Fluminense - UFF. ⁴Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. ⁵Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ.

Autor para correspondência/Author for correspondence: juliana.lobop@gmail.com

RESUMO. Diante de um cenário de incertezas quanto à disponibilidade de recursos fornecidos pela matriz energética brasileira, a autossuficiência energética apresenta-se como uma perspectiva vantajosa para assegurar a sustentabilidade das propriedades rurais. Objetivou-se explorar a implantação de energia renovável em propriedades rurais localizadas na cidade de Paty do Alferes – RJ, Brasil. Neste sentido, buscou-se compreender a realidade dos agricultores familiares quanto ao conhecimento e utilização de energia renovável por meio de visitas técnicas acompanhadas de entrevista. A partir do levantamento de dados e análise do contexto, propôs difundir a tecnologia, recomendando o tipo de energia renovável mais adequado para cada propriedade em conhecimento técnico-científico. Verificou-se que os proprietários não possuem familiaridade sobre o conhecimento e utilização do uso de energia renovável. O valor pago pela energia consumida revelou-se significativo no orçamento familiar. Portanto, a adoção de energia renovável pode impactar positivamente as condições socioeconômicas dos agricultores rurais. Para geração de energia elétrica, foi proposto sistema solar fotovoltaico para o Sítio A e B, enquanto para o Sítio C biodigestor anaeróbico tipo indiano e, para o Sítio D, instalação de um aerogerador para bombeamento de água.

Palavras-chave: independência energética, energia alternativa, energia limpa, propriedade rural.

RBEC	Tocantinópolis/Brasil	v. 9	e15947	UFNT	2024	ISSN: 2525-4863
------	-----------------------	------	--------	------	------	-----------------



Renewable energy proposal for family agriculture in rural properties in the municipality of Paty do Alferes - RJ

ABSTRACT. In light of uncertainties regarding the availability of resources provided by the Brazilian energy matrix, energy self-sufficiency presents itself as an advantageous perspective to ensure the sustainability of rural properties. The objective was to explore the implementation of renewable energy in rural properties located in the city of Paty do Alferes – RJ, Brazil. In this sense, the aim was to understand the reality of family farmers regarding their knowledge and use of renewable energy through technical visits accompanied by interviews. Based on data collection and context analysis, the study proposed disseminating the technology, recommending the most suitable type of renewable energy for each property based on technical-scientific knowledge. It was found that the property owners are not familiar with the knowledge and use of renewable energy. The amount paid for consumed energy proved to be significant in the family budget. Therefore, the adoption of renewable energy can positively impact the socioeconomic conditions of rural farmers. For electricity generation, a photovoltaic solar system was proposed for Sites A and B, while for Site C an Indian-type anaerobic biodigester was recommended, and for Site D, the installation of a wind turbine for water pumping.

Keywords: energy independence, alternative energy, clean energy, rural property.

Propuesta de energía renovable para la agricultura familiar en propiedades rurales en el Municipio de Paty do Alferes – RJ

RESUMEN. Ante un escenario de incertidumbres respecto a la disponibilidad de recursos proporcionados por la matriz energética brasileña, la autosuficiencia energética se presenta como una perspectiva ventajosa para asegurar la sostenibilidad de las propiedades rurales. El objetivo fue explorar la implementación de energía renovable en propiedades rurales ubicadas en la ciudad de Paty do Alferes – RJ, Brasil. En este sentido, se buscó comprender la realidad de los agricultores familiares en cuanto al conocimiento y uso de energía renovable mediante visitas técnicas acompañadas de entrevistas. A partir de la recopilación de datos y el análisis del contexto, se propuso difundir la tecnología, recomendando el tipo de energía renovable más adecuado para cada propiedad según el conocimiento técnico-científico. Se verificó que los propietarios no tienen familiaridad con el conocimiento y uso de energía renovable. El valor pagado por la energía consumida resultó ser significativo en el presupuesto familiar. Por lo tanto, la adopción de energía renovable puede impactar positivamente las condiciones socioeconómicas de los agricultores rurales. Para la generación de energía eléctrica, se propuso un sistema solar fotovoltaico para los Sitios A y B, mientras que para el Sitio C se recomendó un biodigestor anaeróbico tipo indio, y para el Sitio D, la instalación de un aerogenerador para el bombeo de agua.

Palabras clave: independencia energética, energías alternativas, energías limpias, propiedad rural.

Introdução

Historicamente, o Município de Paty do Alferes – RJ, Brasil é originário da emancipação da Vila de Vassouras em 1987, sendo um dos maiores produtores agrícola de tomate do Estado e do Brasil (IBGE, 2023). A atividade econômica agrícola em Paty do Alferes é composta, principalmente, por pequenos agricultores, sendo dos 734 estabelecimentos agropecuários, 471 têm base em trabalho familiar e 263 não são classificados como agricultura familiar (IBGE, 2017). De acordo com o Acompanhamento Sistemático da Produção Agrícola do Estado do Rio de Janeiro, as principais atividades agrícolas dos núcleos familiares patyenses são a fruticultura e a olericultura, apresentando destaque e crescimento no decorrer dos anos (ASPA, 2020). Paty do Alferes possui 686 ha de lavoura permanente e 707 ha de lavoura temporária (IBGE, 2021), evidenciando sua significativa produção agrícola.

A Lei da Agricultura Familiar define os conceitos da agricultura familiar e agricultor familiar, prevendo desenvolvimento rural e gestão de recursos. O artigo 3º da Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, considera “... agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos: I - não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais; II - utilize predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; III - tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento, na forma definida pelo Poder Executivo; IV - dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família” (Lei nº 11.326, 2006).

Assim, a agricultura familiar pode ser compreendida como aquela em que uma família assume o trabalho no meio produtivo, ou a mão de obra é composta por um ou mais familiares, superando a de terceiros, tornando-se proprietária dos meios de produção (Miranda & Gomes, 2016). Além disso, trata-se de um fenômeno multidimensional, que pratica a diversificação da produção, coopera para uma vida digna e geração de empregos no campo.

Nesse contexto, sabe-se que a agricultura familiar desempenha um papel fundamental na promoção do desenvolvimento econômico do país e da qualidade de vida da população, bem como no desenvolvimento sustentável, possibilitando a redução das desigualdades sociais, do êxodo rural e a desconcentração da geração de renda e emprego no comércio. Os

agricultores familiares são responsáveis por grande parte da produção mundial de alimentos. Além disso, estão na linha de frente dos esforços globais para combater a desnutrição e outras formas de má nutrição e promover a alimentação saudável (PNUD, 2019).

Para melhorar as condições de trabalho da agricultura familiar, é fundamental adotar tecnologias que otimizem a produtividade e, ao mesmo tempo, contribuam para o desenvolvimento sustentável, seguindo a Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS (ONU, 2021; Plataforma Agenda 2030, 2023).

Uma maneira de melhorar a qualidade de vida do produtor rural é a introdução de fontes de energia renovável, buscando a confiabilidade no fornecimento de energia e a redução de custos. Além de atender às necessidades econômicas, a autonomia energética favorece a diversidade de produção, a otimização do espaço, o emprego da mão-de-obra familiar e dos recursos naturais disponíveis, assegurando maior agilidade na gestão do sistema, tanto para enfrentar situações adversas quanto para fomentar o desenvolvimento de um modelo de produção com propósito (Petersen, 2003). O investimento em energia renovável, limpa, sustentável e confiável é essencial, pois é utilizada em praticamente todas as atividades da cadeia agrícola.

No entanto, para que o uso de práticas energéticas sustentáveis seja adotado, é necessário divulgar e expandir o conhecimento técnico sobre a instalação e a relação custo-benefício, visando desmistificar a ideia de que as energias renováveis têm custos elevados e promover a inclusão dos agricultores na ciência e tecnologia.

Visando a melhoria da qualidade de vida e renda familiar de agricultores rurais, objetivou-se com este estudo realizar uma análise do panorama da introdução de energia renovável como possível fonte tecnológica, de maneira que se torne uma opção sustentável e acessível para a agricultura familiar.

Metodologia

O estudo foi realizado no Município de Paty do Alferes - RJ, Brasil (25' S e 43° 25' O), localizado a 120 km da cidade do Rio de Janeiro. O Município que pertence a região denominada de Vale do Café, possui intensa atividade turística devido à sua importância cultural e ao turismo rural (Figura 1).

Figura 1 - Região do Vale do Café.



Fonte: Portella Filho (2013).

O clima característico da região refere-se ao Cw (temperado com chuvas de verão), segundo Köppen, com temperatura mínima e máxima de 12 e 30 °C, no período de junho a agosto (meses mais frios) 19 e 30 °C de janeiro a março (meses mais quentes), respectivamente (INMET, 2022). A precipitação pluviométrica ocorre variação de 1.100 a 1.700 mm anuais, sendo os meses chuvosos de janeiro e dezembro (220 mm) e secos de julho e agosto (19,8 mm) (Durigon, 2011). A velocidade média anual do vento e irradiação solar diária média consiste em 6,38 m s⁻¹ e 4,76 kWh m⁻² dia⁻¹, respectivamente (CRESESB, 2022).

No presente estudo foi realizado um levantamento de dados por meio de entrevista e questionário com orientação e apoio da Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural do Município de Paty do Alferes. As entrevistas foram realizadas durante visitas técnicas a quatro propriedades com diferentes sistemas de produção, denominadas Sítio A, B, C e D.

A pesquisa foi direcionada com caráter exploratório, visando a difusão do uso de energia renovável conforme a realidade de cada propriedade avaliada. Os proprietários rurais foram abordados de forma natural e objetiva, para coletar uma visão abrangente e legítima das informações requeridas. Cada entrevista durou cerca de uma hora. O questionário foi elaborado para coletar descrições quantitativas e qualitativas dos tópicos abordados na entrevista, incluindo dados familiares, escolaridade, renda mensal, caracterização da propriedade, tipo de produto agrícola, criação animal, comercialização, mão de obra empregada e assistência técnica. No que diz respeito à renda familiar mensal, a análise foi feita com base no número de salários mínimos. Segundo a Lei 14.358/22, o valor do salário mínimo a partir de 1º de janeiro deste ano é de R\$ 1.212,00 (Lei nº 14.358, 2022).

O questionário também incluiu informações sobre a utilização de energia elétrica na propriedade, disponibilidade de recursos energéticos, benefícios econômicos e ambientais da implementação da energia renovável de maneira acessível para a agricultura familiar e a possibilidade de investimento em tecnologia para implementação de fontes energéticas.

A fonte energética renovável proposta para cada propriedade rural foi escolhida com base na atividade e disponibilidade econômica, no potencial energético disponível e na capacidade tecnológica para convertê-la em calor e trabalho. As etapas do planejamento energético das propriedades rurais pautaram nas premissas descritas a seguir.

- ✓ Descrição das dimensões ecológicas, sociais e econômicas do sistema a ser implantado;
- ✓ Análise energética do sistema;
- ✓ Identificação das possíveis rotas tecnológicas para suprir o requerimento energético;
- ✓ Avaliação econômica, social e ambiental das alternativas tecnológicas possíveis; e
- ✓ Recomendações para implantação do sistema.

Resultados e discussão

Ainda que a agricultura familiar apresente uma diversidade de classificações, pode ser caracterizada por propriedades rurais gerenciadas pela família com atividades agropecuárias visando à geração de renda. Ademais, o conceito de agricultura familiar não precisa estar necessariamente vinculado a ideias pré-concebidas, associando-a à produção de baixa renda, precária ou de subsistência (Lima, Silva & Iwata, 2019).

Dada a sua importância na economia brasileira, é relevante proporcionar a inserção de estratégias sustentáveis e políticas públicas que incentivem a produção e comercialização, subsidiando e incentivando o crescimento da economia local, pautado na equidade, reconhecimento dos agricultores e diversidade produtiva, de forma comprometida com o ambiente e a sociedade (Santos et al., 2014).

Com isso, é evidente que a agricultura familiar possui um potencial significativo, alinhado à preservação, conservação e desenvolvimento econômico e social. A associação de tecnologias sustentáveis, como a utilização de energia renovável, limpa e acessível, para a redução de custos, aprimoramento de processos e utilização de recursos naturais de forma economicamente viável, potencializa a qualidade de vida do produtor.

Caracterização dos agricultores e propriedades

Apresenta-se na Tabela 1 o levantamento de dados obtidos nas entrevistas com os agricultores, incluindo dados pessoais (escolaridade e renda familiar), caracterização da propriedade (tipo de propriedade, número de habitantes e mão de obra) e assistência técnica.

Tabela 1 - Informações de estrutura de produção.

Sítio	Escolaridade	Renda familiar (Salário mínimo)	Número de habitantes	Mão de obra	Assistência técnica
A	Ensino fundamental	3 a 10	Sete	Familiar	Não
B	Ensino fundamental	3 a 10	Dois	Familiar Terceiro	Não
C	Ensino fundamental	Até 3	Cinco	Familiar	Sim
D	Ensino fundamental	Até 3	Dois	Familiar Terceiro	Não

Fonte: Autor

Diante da baixa escolaridade dos proprietários rurais (Tabela 1), provavelmente por razões sociopolíticas associadas ao engajamento histórico, torna-se irrefutável a necessidade de maior atenção para que essa problemática não se perpetue para novas gerações. Aumentar o nível de escolaridade do agricultor familiar facilita a compreensão e a utilização de novas

tecnologias, especialmente em um contexto de digitalização da agricultura. Nesse sentido, o atraso na escolaridade prejudica a capacidade de compreensão e a tomada de decisão, tornando os processos de desenvolvimento rural, e por consequência regional, mais lentos. Além disso, baixos níveis de escolaridade colaboram para que os agricultores não compreendam informações técnicas ou situacionais. Adicionalmente, dificulta a formação de processos intelectuais que poderiam evidenciar novas oportunidades para ampliar suas capacidades de comercialização, produção ou aquisição de tecnologias (Paula Júnior, 2019).

A baixa renda dos agricultores familiares demonstra um baixo poder aquisitivo, tornando perceptível que a obtenção de tecnologia é uma limitação financeira. Nessa perspectiva, iniciativas como a Extensão Rural podem otimizar a produção e potencializar a renda do produtor, proporcionando conhecimento técnico-científico. Essa ação extensionista torna soluções que pareciam inalcançáveis acessíveis a esse público, favorecendo a competitividade no mercado.

Somente o Sítio C possui assistência técnica, proveniente do Programa Balde Cheio. Esse programa tem como objetivo o desenvolvimento da capacidade produtiva no município. Para isso, auxilia no aprimoramento do sistema de produção de leite por meio da contribuição da Prefeitura Municipal de Paty do Alferes, que disponibiliza profissionais para atender os animais, além de fornecer maquinário.

A falta de suporte às propriedades resulta em uma carência de informações de qualidade. Dessa forma, o apoio da Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) e políticas de desenvolvimento rural contribuem para a ação institucional que possibilite a implementação e consolidação de uma estratégia de desenvolvimento sustentável, capaz de gerar renda e inserir novas tecnologias (Groot, 2020).

Caracterização da produção olerícola

O Sítio A produzia tomate de mesa cultivado no sistema convencional em quatro estufas 100 x 60 m, totalizando área de produção de 2,4 ha (Figura 2).

Figura 2 - Tomate produzido no Sítio A a) estufa e b) produção.



Fonte: Autor

O tomate produzido nas estufas pertence ao grupo Saladete, também denominado de tomate italiano. Os frutos têm como característica serem alongados (7 a 10 cm), com diâmetro transversal reduzido (3 a 5 cm), polpa espessa, coloração vermelha intensa, sendo muito firmes e saborosos. O tomate italiano tem dupla aptidão, recomendado tanto para consumo in natura quanto para processamento (Filgueira, 2003). No entanto, de acordo com o relato do proprietário, devido a um aspecto cultural, o tomate produzido possui como finalidade o consumo de mesa, não sendo realizado beneficiamento ou processamento.

O sistema de irrigação no Sítio A foi realizado por gotejamento, com água provinda de um lago alimentado por nascentes (Figura 3). Para reduzir o consumo de água, foi utilizada a cobertura com lona plástica (*mulching*), que controla a evaporação e aumenta o rendimento e desenvolvimento dos frutos (Yuri et al., 2012). A tecnologia *mulching* consiste em uma cobertura do solo que impede a evaporação, mantendo a umidade e proporcionando um ambiente favorável ao cultivo (Rocha, 2007).

Figura 3-Sistema de irrigação por gotejamento no Sítio A.



Fonte: Autor

A cultura foi colhida manualmente, acondicionada em caixa de madeira ou caixa “K” são 49,5 x 35,5 x x 22,0 cm e armazenada em ambientes sem controle de temperatura e umidade relativa. Os frutos produzidos foram vendidos diretamente aos feirantes na própria propriedade.

No Sítio B foram cultivados cebolinha, quiabo, repolho, tomate, brócolis, batata doce, pimentão, berinjela, chuchu, alface, couve, beterraba, feijão vagem e quiabo em 2,0 ha sob produção do tipo convencional. Algumas culturas foram protegidas com sombrite (Figura 4). A utilização de telas de sombreamento nos cultivos permite a redução da intensidade da energia solar respeitando as necessidades das cultivares. Por meio da utilização do sombreamento, o cultivo atinge altos níveis de produtividade, proporcionando alternativa em momentos que as condições climáticas inviabilizam a produção em modo céu aberto (Rocha, 2007).

Figura 4 - Culturas plantadas no Sítio B.



Fonte: Autor

O local de armazenamento da produção consistiu em um galpão com ventilação natural e armazenados sem controle de temperatura e umidade relativa do ar. A comercialização se realiza em feiras e mercearias. A propriedade dispõe de um tratorito como maquinário agrícola.

Observou-se produção diversificada no perfil do agricultor. A diversificação produtiva apresenta-se como uma estratégia relevante dos agricultores familiares tendo em vista diminuir o risco decorrente dos fatores climáticos e valor de mercado atrelado ao produto (Filho, Buainain & Guanzioli, 2004). Contudo, certo grau de especialização torna-se importante com objetivo de viabilizar inserção de tecnologias e manejo de maneira assertiva.

No Sítio C foram cultivados 3,0 ha do Capim-Elefante BRS (Capiaçu) sob sistema convencional. Essa cultivar foi desenvolvido pelo Programa de Melhoramento do Capim-Elefante conduzido pela Embrapa Gado de Leite. O Capiaçu foi caracterizado por demonstrar resistência ao tombamento, elevado potencial de produtividade, tolerância ao estresse hídrico e bom valor nutritivo, tornando-se uma alternativa de baixo custo para suplementação animal (Pereira et al., 2016).

O cultivo tem por finalidade a alimentação do gado de leite da própria propriedade. O capim foi colhido de forma manual e armazenado no estábulo, separado do local onde o gado se encontrava (Figura 5).

Figura 5 - Capim-Elefante BRS Capiçaçu a) área de produção, b) local de armazenamento.



Fonte: Autor

No Sítio D a gestora não possuía informações quanto à área de cultivo. A propriedade produzia ao longo de todo ano louro, quiabo, coentro, cenoura, milho, limão taiti, banana prata, banana maçã e alho-poró sob sistema convencional (Figura 6).

Figura 6 - Cultivares no Sítio D.



Fonte: Autor

O sistema de irrigação configurou-se por meio de mangueira, sem estipular a lâmina d'água aplicada. Além disso, as culturas foram armazenadas em galpão com ventilação natural sem controle de temperatura e umidade relativa, em caixas de madeira ou caixa “K” de 49,5 x 35,5 x x 22,0 cm. Observou-se que essa propriedade possui o menor investimento em tecnologia e conhecimento de produção, dentre as visitadas.

Caracterização da criação animal

O Sítio A apresentou criação de 600 aves de postura em sistema extensivo de produção. No entanto, existia galpão para abrigá-las à noite como medida de maior controle sobre as aves, e oferecer abrigo da chuva e predadores. A propriedade também criava 30 cabeças de gado de corte em sistema semi-intensivo em pastos (Figura 7). A limpeza dos dejetos no galpão das aves foi feita semanalmente, enquanto dos dejetos do gado realizada sempre que necessário.

Figura 7 - Criação de aves de postura no Sítio A.



Fonte: Autor

No que diz respeito ao Sítio B, haviam 35 aves de postura criadas em sistema semi-intensivo, com galpão de 50 m² onde a limpeza não ocorria regularmente. Na ocasião em que se executava a higienização, destinava-se cama para a adubação da horta.

No Sítio C, a criação animal foi constituída por bovinocultura leiteira com sistema de produção semi-intensivo. A quantidade de 30 gados de leite e 2 touros eram criados em estábulo de 180 m² (Figura 8). A limpeza dos dejetos era realizada diariamente e apresenta como finalidade adubação da capineira produzida na propriedade.

Figura 8 - Estábulo para criação semi-intensiva de bovino de leite no Sítio C.



Fonte: Autor

Com relação ao Sítio D, havia criação de 45 aves de postura em sistema semi-intensivo, com galpão de 20 m². A limpeza dos dejetos era realizada regularmente, e os dejetos destinados para adubação da plantação.

Utilização da energia elétrica

Para alcançar o objetivo do estudo de compreender a realidade energética nas propriedades rurais da agricultura familiar e analisar a utilização da energia, verificou-se o emprego e o consumo mensal de energia nas atividades produtivas, além da opinião dos entrevistados quanto ao grau de satisfação com o valor pago pela energia elétrica (Tabela 2).

O baixo valor da conta de energia nos Sítios B e D pode ser explicado pelo fato de as propriedades estarem cadastradas na categoria tarifária de Energia Rural. Esta tarifa é destinada a unidades consumidoras que realizam atividades de agricultura, pecuária ou aquicultura. Todos os entrevistados utilizam os serviços oferecidos pela mesma concessionária local para fornecer energia elétrica às suas propriedades. Em relação à

demanda energética anual, apenas o Sítio A identificou os períodos de maior (outubro a fevereiro) e menor (maio a agosto) consumo.

Tabela 2– Informações quanto a utilização de energia elétrica.

Sítio	Destinação do uso da energia	Consumo mensal (R\$)	Satisfação com o valor da conta
A	Iluminação, alimentação de residências água quente, bombeamento de água, irrigação e estufas	600,00 – 700,00	Muito insatisfeito
B	Iluminação, alimentação de residências água quente e irrigação	115,00	Muito insatisfeito
C	Iluminação, alimentação de residências água quente e cercas eletrificadas	600,00 –1.000,00	Muito insatisfeito
D	Iluminação e alimentação de residências água quente	100,00	Satisfeita

Fonte: Autor

Proposta de energia renovável para cada propriedade

Ao investigar a realidade dos agricultores em relação à compreensão sobre energia renovável (Tabela 3), observou-se que os agricultores pouco conhecem ou desconhecem o potencial energético da região e de suas propriedades rurais.

Tabela 3 - Informações quanto ao conhecimento sobre energias renováveis.

Sítio	Conhecimento	Interesse em adquirir	Motivação para adquirir
A	Energia solar fotovoltaica	Sim	Economia de energia Aumento da renda familiar
B	Energia solar fotovoltaica Aerogerador	Sim	Economia de energia Aumento da renda familiar
C	Energia solar fotovoltaica	Sim	Complementaridade energética, economia na adubação, economia de energia e aumento da renda familiar

D Não conhecia Sim Economia de energia
Aumento da renda familiar

Fonte: Autor

Esse desconhecimento acarreta desperdício de recurso energético com potencial geração de energia elétrica e térmica. Este fato possibilita compreender a importância da difusão do conhecimento acerca das energias renováveis com objetivo de aproveitar os recursos disponíveis para serem utilizados como fonte energética. Ao adotar as fontes de energia renováveis utilizando os recursos da própria propriedade reduz a dependência energética da concessionária local. Haja vista a unanimidade em alegar o precário sistema de distribuição de energia elétrica na região.

O Brasil está situado numa região com incidência vertical dos raios solares, este fato propicia elevados índices de irradiação em quase todo o território. Países como Alemanha, Espanha, Itália, Portugal e França estão entre os maiores geradores de energia elétrica por meio de sistemas solares fotovoltaicos (REN21, 2022). A irradiação em Paty de Alferes expressa números superiores aos da Alemanha, país que detém da maior capacidade instalada de geração fotovoltaica no mundo. Na Alemanha, irradiação mínima e máxima é de 2,95 e 3,42 kWh (m² dia)⁻¹, respectivamente (WWF-Brasil, 2015). Em termos técnicos, o sistema solar fotovoltaico está apto a ser instalado em qualquer propriedade localizada em Paty de Alferes, pois possui irradiação solar diária média de 4,76 kWh (m² dia)⁻¹ (CRESESB, 2022).

A fonte solar é eficiente alternativa energética renovável ajustável às atividades realizadas no campo para produção de energia térmica (fototérmico) e elétrica (fotovoltaica). Isso se deve ao fato da facilidade quanto ao local de instalação dos equipamentos modulares, permitindo autonomia em áreas isoladas. Além disso, uma característica vantajosa refere-se à utilização de fonte inesgotável e gratuita de energia.

A necessidade de pouca manutenção em sistemas solares é outra característica favorável da implantação desse tipo de solução. A manutenção restringe-se a limpeza periódica dos equipamentos que captam o sol, de maneira a eliminar sujeiras que interfiram na captação da irradiação solar. Além disso, existem reparos necessários por eventuais danos. Dessa maneira, compreende-se que o sistema opera de forma simplificada e sem demandar mão de obra adicional da família que já trabalha na propriedade.

Diante da demanda energética em alimentação de residência com água quente de todas as propriedades rurais analisadas (Tabela 2), sugere-se a aquisição de sistema solar

fototérmico compostos por coletor solar e reservatório com isolamento térmico de água quente e fria. Em específico para o Sítio B, pode-se utilizar o aquecimento de água para as atividades realizadas na sala de ordenha, visando a higienização dos instrumentos e resfriamento de leite.

Outra forma de aproveitamento da energia solar consiste em sistema fotovoltaico, que converte diretamente a energia solar em elétrica. Esse sistema é adequado para atender demandas de iluminação, bombeamento de água, irrigação e manejo de estufa apontadas como requisitadas pelos agricultores rurais dos Sítios A, B e C (Tabela 2). Para tal, propõe-se adotar sistema solar fotovoltaico *off-grid*, pois se apresenta como alternativa para gerar energia elétrica para comunidades afastadas dos centros urbanos. Tendo em vista que os módulos fotovoltaicos não convertem energia durante a noite ou em períodos com baixa insolação, as baterias armazenam a energia que será consumida durante esse período. Para implantação do sistema fotovoltaico *off-grid*, o proprietário precisa adquirir placa solar, controlador de carga, inversor e bateria. Torna-se indispensável a contratação de uma equipe técnica que possa dimensionar, instalar e instruir quanto a manutenção e usabilidade do sistema. Ainda, pode-se contar com o retorno do investimento (Boso, Gabriel & Filho, 2015), tendo em vista do elevado valor pago em conta mensal pelas propriedades.

No Sítio C, tendo em vista a instalação de cerca eletrificada para a contenção do gado leiteiro, sugere-se o uso do eletrificador acoplado a placa fotovoltaica. Nesse sistema também será necessária bateria para atender a demanda de energia no período noturno ou na ausência incidência solar.

Ainda no Sítio C pode-se sugerir também o uso de biodigestores anaeróbios, devido a disponibilidade de espaço físico e fornecimento constante de substrato (dejeito bovino). O gado, no regime de criação animal semi-intensivo, produz substrato ao permanecer no curral e na sala de ordenha. A limpeza do local em que o animal fica confinado pode ser realizada pela raspagem dos pisos das instalações associada com a utilização de água em quantidade apropriada.

O biodigestor anaeróbio torna-se então, uma opção energética viável na produção de energia, devido ao baixo custo de instalação, manejo simples e quantidade significativa de energia produzida. A alternativa configura-se sustentável em virtude da capacidade de reciclagem e reutilização da matéria orgânica (dejeito bovino), de maneira a proporcionar geração e economia com a energia térmica e/ou elétrica.

A digestão anaeróbia de dejetos bovinos produz cerca de 0,036 a 0,042 m³ de biogás kg⁻¹ de substrato (Ramachandra, Kamakshi & Shruthi, 2004), sendo necessário para abastecer residência no meio rural 0,023 a 0,043 m³ (Ferreira, 2013). O Sítio C possui 30 gados de leite e 2 touros, quantidade que atende produção de biomassa suficiente para produzir energia, uma vez que cada animal produz cerca de 15 kg de dejetos. A implantação de biodigestor anaeróbio em propriedade rural abastecido com dejetos bovinos fornece cerca 2.600 kWh e economia mensal de US \$ 7,669.19 (Paes et al., 2020). Dependendo da demanda, é possível autossuficiência energética associada ao desenvolvimento sustentável da atividade por meio do descarte adequado de resíduos e ganhos econômicos para o produtor.

Além disso, atenderia a motivação do produtor em inserir energia alternativa na propriedade para substituir ou complementar a adubação química. Por meio de biodigestor anaeróbio será possível a produção de fertilizantes orgânicos que diminuem custos envolvidos no manejo da produção agrícola (Samoraj et al., 2022).

No Sítio A, poderia ser sugerido a adoção de biodigestores anaeróbios por ter criação animal (gado e ave) para geração de energia elétrica e térmica. No entanto, diante das atividades agropecuárias do Sítio A ser predominantemente o manejo extensivo em que o animal fica a maior parte do tempo no pasto e criação em galinheiro de terra batida a utilização de biodigestores anaeróbios não seria a ideal devido à necessidade de ir a pasto para coletar substrato. Além disso, a coleta dos dejetos seria um grande entrave para separá-los da terra e de materiais indesejados para o processo de digestão anaeróbia.

No que se refere ao Sítio B e D, recomenda-se utilização de sistema de bombeamento de água do poço artesiano empregando como força propulsora a energia eólica por meio de cata-ventos, bombas eólicas ou múltiplas pás. A energia eólica se apresenta como uma fonte de energia de recurso inesgotável e de baixo custo que não causa emissão de gases poluentes, o que caracteriza como uma vantagem diante de opções energéticas. Além disso, o cata-vento precisa de pouca manutenção (Clementi & Jacinto, 2021).

No que diz respeito à conversão da energia eólica, deve ser considerado o local de instalação, pois para o sistema ser economicamente viável, a velocidade média anual mínima deve ser de 5,0 a 7,0 m s⁻¹ (Cunha, 2017). O cata-vento está apto a ser instalado na propriedade, pois Paty de Alferes detém de velocidade do vento de 6,38 m s⁻¹ (CRESESB, 2022), suficiente para a exploração desta alternativa.

O cata-vento recomendado é do tipo americano convencional com 18 pás sendo estas acopladas à alavanca de Arquimedes, o que assegura bombeamento de água mais eficaz com menor oferta de ventos. Para implantação do sistema de bombeamento é necessário adquirir rotor eólico, manivela, mecanismo de controle, haste de acionamento da bomba e bomba a pistão (Bueno & Souza, 2004). Um fator relevante refere-se à determinação do potencial eólico para realizar uma estruturação do uso dessa fonte energética de forma racional. Deve-se quantificar a energia disponível e analisar o quanto pode ser convertida em energia mecânica. Deve ser realizado inicialmente um cálculo de demanda de água do sistema por meio da verificação do consumo de água em litros por dia para que seja capaz de determinar uma estimativa necessária para manutenção de um dia. Espera-se que o volume de água a ser bombeado possa atender o uso direto da residência, animal e para possível sistema de irrigação das culturas, caso seja de interesse da proprietária a aquisição futura.

Em especial ao sistema de irrigação, o grande interesse em adotar fontes energéticas renováveis está atrelada ao alto custo com aquisição e funcionamento de motobomba. A utilização da energia solar fotovoltaica e eólica, ou as duas em sistema integrado, apresenta-se como alternativa eficiente para o produtor, proporcionando o emprego de energia limpa de forma conjunta com uso racional da água. A irrigação, juntamente com boas práticas de manejo, permite a redução das variações de produção, favorecendo maior segurança financeira e de produtividade. A integração das tecnologias de irrigação e o sistema de geração de energia renovável pode promover melhoria na produtividade das culturas plantadas pelo agricultor familiar (Silva et al., 2017).

Considerações finais

De maneira geral, pode-se concluir que os agricultores rurais detêm pouca informação no que tange sustentabilidade energética para produção agrícola. Ainda, devido a pouca instrução, o agricultor familiar não conhece o potencial existente em sua propriedade rural, tornando-se necessário ações de extensão. O valor pago pela energia consumida mostrou-se como relevante no orçamento familiar, pois poderia ser investido em melhorias na produção agropecuária.

A sugestão das fontes energéticas renováveis para os cenários apresentados visou suprir a demanda térmica e/ou elétrica, proporcionando impactos positivo para as condições

socioeconômicas dos agricultores familiares e garantia da autossuficiência e independência energética. Além disso, proporciona redução nos custos da eletricidade o que pode incentivar a aquisição de novas tecnologias e aprimorar o sistema de cultivo do agricultor gerando competitividade no mercado.

Por fim, pode-se inferir que o trabalho fortalece a disseminação do uso da energia renovável como possibilidade para o desenvolvimento sustentável, além de fomentar a inserção da tecnologia para a agricultura familiar se manter competitiva no mercado, consequentemente contribuir para o desenvolvimento local.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Pró-Reitoria de Extensão (PROEXT) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) pela concessão da bolsa de extensão e ao apoio da Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural do Município de Paty do Alferes.

Referências

- ASPA. Acompanhamento Sistemático da Produção Agrícola (2020). Recuperado de <http://www.emater.rj.gov.br/images/culturacorr2020.htm>
- Boso, A. C. M. R., Gabriel, C. P. C., & Filho, L. R. A. G. (2015). Análise de custos dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid no Brasil. *Revista Científica ANAP Brasil*, 8(12). <https://doi.org/10.17271/1984324081220151138>
- Bueno, J.E., & Souza, T. F. (2004). Bombeamento de Água e Geração de Energia utilizando cata-vento. In: *Proceedings of the 5th Encontro de Energia no Meio Rural*, Campinas, SP.
- Clementi, L.V., & Jacinto, G. P. (2021). Energía eólica distribuida: oportunidades y desafíos en Argentina. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 29, 48-64. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.29.2021.4590>
- CRESESB. (2022, 20 de outubro). Centro de Referência para Energia Solar e Eólica: Fontes de dados eólicos e solares. [Web log post]. Recuperado de <http://www.cresesb.cepel.br/>.
- Cunha, W. (2017). Viabilidade do uso de aerogeradores no bombeamento de água para irrigação na região litorânea da Paraíba, Nordeste do Brasil. *Revista InterScientia*, 5(2), 124-135. Recuperado de <https://periodicos.unipe.br/index.php/intercientia/article/view/468>

Durigon, V. L. (2011). *Avaliação da Cobertura e Perdas de Solo na Bacia Hidrográfica Palmares- Ribeirão do Saco, em Paty do Alferes e Miguel Pereira- RJ, através de técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG* (Tese de Doutorado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Ferreira, L. M. S. (2013). *Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros com e sem separação da fração sólida* (Tese de Mestrado). Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

Filgueira, F. A. R. (2003). *Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimenta, berinjela e jiló*. 1ª ed. Lavras, MG: Editora UFLA.

Filho, H. M. S., Buainain, A.M., & Guanziroli, C. (2004). Agricultura Familiar e Tecnologia no Brasil: características, desafios e obstáculos. In *XLII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Sociologia e Administração Rural* (pp. 1-18), Brasília.

Groot, E. (2020). Conhecimento sobre os conceitos de selos de qualidade vinculados à agricultura familiar. *Estudos Sociedade e Agricultura*, 28(1), 136-155. <https://doi.org/10.36920/esa-v28n1-6>

IBGE. Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. (2023a, 10 de março) Histórico da cidade de Paty do Alferes. [Web log post]. Recuperado de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/paty-do-alferes/historico>.

IBGE. Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário, Florestal e Aquícola 2017 (2017, 30 de setembro). [Web log post]. Recuperado de <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>.

IBGE. Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. Pesquisa – Produção Agrícola (2021). [Web log post]. Recuperado de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/paty-do-alferes/pesquisa/14/10193?tipo=ranking&indicador=10381>.

Lei nº 14.358, de 1º junho de 2022. (2022, 1 de junho). Dispõe sobre o valor do salário-mínimo a vigorar a partir de 1º de janeiro de 2022. Recuperado de <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.358-de-1-de-junho-de-2022-404843135>

Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006. (2006, 24 de julho). Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm

Lima, A. F., Silva, E. G. A., & Iwata, B. F. (2019). Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão de literatura. *Revista Retratos de Assentamentos*, 22(1), 50-68. <http://10.0.97.227/2527-2594/retratosdeassentamentos/2019.v22i1.332>

Miranda, D. L. R., & Gomes, B. M. A. (2016). Programa nacional de fortalecimento da agricultura familiar: trajetórias e desafios no Vale do Ribeira, Brasil. *Sociedade & Natureza*, 28(3), 397-408. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-451320160306>

ONU. Organizações das Nações Unidas. Relatório Social Mundial 2021: Reconsiderando o Desenvolvimento Rural. (2021). [Web log post]. Recuperado de <https://www.un.org/development/desa/dspd/world-social-report.html>

Paula Júnior, A. (2019). Escolaridade nas zonas rurais da região Sul. Espaço e Economia. *Revista Brasileira de Geografia Econômica*, 16, 1-11. <http://dx.doi.org/10.4000/espacoeconomia.9900>

Paes, J. L., Santos, P. T., Valadão, R. C., Damm, S. E. G. A., Pagani, G. F., & Vargas, B. C. (2020). Renewable electricity generation from biogas of anaerobic co-digestion of sludge, cattle manure and water. *Brazilian Journal of Development*, 6(5), 23319–23334. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-038>

Pereira, A. V., Ledo, F. J. S., Morenz, J. L. B. L., Santos, A. M. B. S., Martins, C. E., & Machado, J. C. B. R. S. (2016). Capiapu: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem, Comunicado Técnico 79. [Web log post]. Recuperado de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/149957/1/Comunicado-Tecnico-79.pdf>

Petersen, P. (2003). Avaliando a sustentabilidade: Estudos de caso sobre os impactos das inovações agroecológicas na agricultura familiar em diferentes países da América Latina. *Revista Agroecológica*, 19,64-67.

Plataforma Agenda 2030. (2023, 10 de março). A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. [Web log post]. Recuperado de www.agenda2030.org.br

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Relatório do Desenvolvimento Humano (2019). [Web log post]. Recuperado de <https://hdr.undp.org/system/files/documents/hdr2019ptpdf.pdf>

Portella Filho, F. C. (2013). *Guia cultural do vale do café*. Rio de Janeiro, RJ: Cidade Viva, [Web log post]. Recuperado de http://brevescafe.net/guia_do_cafe.pdf

Ramachandra, T. V., Kamakshi, G., & Shruthi, B.V. (2004). Bioresource status in Karnataka. *Renewable and Sustainable Energy Review's*, 8(1), 1-47. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2003.09.001>

REN21 (2022). Renewables 2022 Global Status Report(Paris: REN21 Secretariat) [Web log post]. Recuperado de <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>

Rocha, R.C. (2007). *Uso de diferentes telas de sombreamento no cultivo protegido do Tomateiro* (Tese Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

Samoraj, M., Mironiuk, M., Izydorczyk, G., Witek-Krowiak, A., Szopa, D., Moustakas, K., Chojnacka, K. (2022). The challenges and perspectives for anaerobic digestion of animal waste and fertilizer application of the digestate, *Chemosphere*, 295(1), 133799. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133799>

Santos, C. F., Siqueira, E. S., Araujo, I. T., & Guedes, Z. M. (2014). A agroecologia como perspectiva de sustentabilidade na agricultura familiar. In *Ambiente & Sociedade*, XVII(2), 33-52.

Silva, F. V. P., Feitosa, H. O., Pereira, C. F., Silva, J. A. S., & Feitosa, E. O. (2017). Potencial de energia solar para a irrigação no município de Barbalha-CE. *Energia na Agricultura*, 32(1), 57–64. <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2017v32n1p57-64>

WWF-Brasil World Wide Fund For Nature – Brasil (2015). Desafios e Oportunidades para a energia solar fotovoltaica no Brasil: recomendações para políticas públicas. [Web log post]. Recuperado de https://wwfbrnew.awsassets.panda.org/downloads/15_6_2015_wwf_energ_solar_final_web_3.pdf

Yuri J. E., Resende G. M., Costa N. D., & Mota J. H. (2012). Cultivo de morangueiro sob diferentes tipos de *mulching*. *Horticultura Brasileira*, 30, 424-427. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000300011>

Informações do Artigo / Article Information

Recebido em: 17/03/2023
Aprovado em: 30/05/2024
Publicado em: 24/08/2024

Received on March 17th, 2023
Accepted on May 30th, 2024
Published on August, 24th, 2024

Contribuições no Artigo: Os(as) autores(as) foram os(as) responsáveis por todas as etapas e resultados da pesquisa, a saber: elaboração, análise e interpretação dos dados; escrita e revisão do conteúdo do manuscrito e; aprovação da versão final publicada.

Author Contributions: The author were responsible for the designing, delineating, analyzing and interpreting the data, production of the manuscript, critical revision of the content and approval of the final version published.

Conflitos de Interesse: Os(as) autores(as) declararam não haver nenhum conflito de interesse referente a este artigo.

Conflict of Interest: None reported.

Avaliação do artigo

Artigo avaliado por pares.

Article Peer Review

Double review.

Agência de Fomento

Não tem.

Funding

No funding.

Como citar este artigo / How to cite this article

APA

Paes, J. L., Ferreira, M. B., Nogueira, M. O., Braz, M. R. S., & Marques, M. M. R. (2024). Proposta de energia renovável para agricultura familiar em propriedades rurais no Município de Paty do Alferes – RJ. *Rev. Bras. Educ. Camp.*, 9, e15947.

ABNT

PAES, J. L.; FERREIRA, M. B.; NOGUEIRA, M. O.; BRAZ, M. R. S.; MARQUES, M. M. R. Proposta de energia renovável para agricultura familiar em propriedades rurais no Município de Paty do Alferes – RJ. **Rev. Bras. Educ. Camp.**, Tocantinópolis, v. 9, e15947, 2024.