
AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE SISTEMAS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E EÓLICA EM COMUNIDADES RURAIS NO ESTADO DO CEARÁ

Economic evaluation of photovoltaic and eolic energy systems in rural communities in the state of Ceará

Maria Rosa Dionísio Almeida

Economista. Mestre em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutoranda em Economia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). mariarosa_dionisio@hotmail.com

Kilmer Coelho Campos

Administrador de Empresas. Doutor em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professor Associado I do Departamento de Economia Agrícola – DEA/UFC. Av. Mister Hull, 2977. Campus do Pici. CEP: 60356000. Fortaleza, CE. kilmer@ufc.br

Robério Telmo Campos

Engenheiro Agrônomo. Doutor em Economia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professor Titular – DEA/UFC. roberio@ufc.br

Wellington Ribeiro Justo

Engenheiro Agrônomo e Economista. Professor do curso de Economia da Universidade Regional do Cariri – URCA e do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco – PPGECON/UFPE. Doutor em Economia pelo PIMES/UFPE. justowr@yahoo.com.br

Resumo: A geração de energia por meio de fontes renováveis solar e eólica tem papel de destaque, tendo em vista que a energia se constitui em necessidade básica para a toda a sociedade, principalmente, para a área rural ainda carente desse recurso. No Estado do Ceará, a oferta de fontes opcionais de energia, para as comunidades rurais, provém de programas governamentais como forma de assegurar o acesso nas localidades mais distantes, destacando-se o Fundo Estadual de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF) da Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará. Nesse contexto, foram avaliadas sob o ponto de social, quanto ao aspecto econômico ou de eficiência, as ações de acesso e uso da eletricidade rural provenientes de fontes renováveis (fotovoltaica e eólica). Os sistemas solares implantados em comunidades analisadas geram 9 kW e 225 kW de potência por dia. Por sua vez, o sistema eólico gera, em média, um excedente 2.226 kWh/ano. Foi aplicada a técnica de análise de investimentos e cálculo de indicadores de valor presente líquido, relação benefício-custo e taxa interna de retorno, a partir de investimentos realizados no ano de 2017, para um horizonte de planejamento de 10 anos. Os sistemas analisados mostraram-se viáveis para todas as simulações de taxas de desconto, assim como para o custo da tarifa de R\$ 0,40/kWh cobrada pela concessionária de energia elétrica em consumidores rurais residenciais e comerciais.

Palavras-chave: Análise de projetos rurais; Fotovoltaica; Eólica; Ceará.

Abstract: The generation of energy through renewable solar and wind sources plays a prominent role, considering that energy is a basic need for the whole of society, especially for the rural area still lacking this resource. In the State of Ceará, the supply of optional sources of energy to rural communities comes from government programs to ensure access in the most distant locations, especially the State Fund for the Development of Family Agriculture (FEDAF) of the Department of Agrarian Development of the State of Ceará. In this context, the actions of access and use of rural electricity from renewable sources (photovoltaic and wind) were evaluated from the social point of view, regarding the economic or efficiency aspects. Solar systems implanted in analyzed communities generate 9 kW and 225 kW of power per day. In turn, the wind system generates, on average, a surplus of 2,226 kWh/year. The technique of investment analysis and calculation of indicators of net present value, benefit-cost ratio and internal rate of return was applied, based on investments made in 2017, for a planning horizon of 10 years. The systems analyzed proved to be viable for all simulations of discount rates, as well as for the cost of the r\$ 0.40/kWh tariff charged by the electricity concessionaire to residential and commercial rural consumers.

Keywords: Analysis of rural projects; Photovoltaic; Wind energy; Ceará.

1 INTRODUÇÃO

Entre as diversas opções tecnológicas existentes de fornecimento de eletrificação rural, as energias fotovoltaica e eólica podem ser usadas em serviços comunitários de saúde, educação, para tratamento de água potável e para a agricultura irrigada. Nessa expectativa, as energias renováveis são singularmente importantes, pois permitem, além da diminuição dos impactos ambientais, a inserção econômica e social das populações isoladas e excluídas, possibilitando a geração de emprego e renda e custos ambientais reduzidos.

Fato é que os investimentos mundiais em energia renovável e tecnologias inteligentes vêm aumentando como forma de solucionar esses entraves, atingindo US\$ 333,5 bilhões no ano de 2017; um aumento de 3% em relação aos números de 2016. Desse montante, o total dos investimentos direcionados para a energia solar somaram US\$ 160,8 bilhões em 2017, ou seja, 18% a mais em relação ao ano anterior (CICLO VIVO, 2017).

A segunda maior fonte alternativa a receber investimentos em 2017 foi a eólica, com US\$ 107,2 bilhões (CICLO VIVO, 2017). Esse montante representa aumento de 12% em relação aos níveis de 2016, com número recorde de projetos financiados para os tipos de geração *onshore*¹ e *offshore*².

Entre os países que mais direcionaram investimentos para as fontes alternativas, o Brasil ocupa a segunda colocação, com valor de US\$ 6,2 bilhões, representando alta de 10%, em relação ao ano de 2016. Essas fontes deram maior independência ao país, bem como favoreceram seu desenvolvimento socioeconômico de maneira sustentável.

Na Região Nordeste, a discussão acerca do setor elétrico, especialmente para o setor rural, é um assunto bastante recorrente em função das grandes dificuldades de geração de eletricidade proveniente de recursos hídricos. Todavia, alguns estados, a exemplo do Ceará, vêm fortalecendo e diversificando sua matriz energética, com a inclusão de fontes renováveis, tais como as energias solar e eólica.

No Ceará, foram criados programas para diminuir os entraves à demanda por eletricidade, sendo a opção adotada o suprimento das comunidades rurais, com a inserção da energia solar (fotovoltaica) e eólica, sendo um desses programas em vigência o Fundo Estadual de Desenvolvimento da Agricultura Familiar.

O setor elétrico tem papel de destaque, tendo em vista que a energia se constitui uma necessidade básica para a toda a sociedade, principalmente, para a área rural, que ainda tem elevada carência desse recurso. Informações fornecidas pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) mostraram que, em 2015, apenas 0,25% dos domicílios rurais não eram atendidos pelo serviço de eletricidade (IBGE, 2015). A redução das comunidades rurais não eletrificadas foi proporcionada, em boa medida, pelos programas de eletrificações rurais executados pelo Governo Federal a partir de 2004.

Dentre os problemas acarretados pela falta de eletricidade na zona rural, são apontados como os principais: a falta de atendimento das necessidades básicas para o consumo residencial; o não suprimento energético para o bombeamento de água; a inexistência de iluminação de escolas e de postos de saúde para possibilitar a melhoria do bem-estar da população; o baixo investimento na geração e distribuição de energia; a falta de planejamento.

Esses entraves fortalecem a extrema necessidade da criação, do desenvolvimento e do acompanhamento desses programas e projetos, assim como de estudos de análise e avaliação para garantir o suprimento da demanda energética atinentes aos consumidores rurais, principalmente, das regiões semiáridas.

1 É a instalação e geração de energia eólica em terra.

2 É a instalação e geração de energia eólica no mar (marítima).

Como forma de avaliar a geração de energia de sistemas renováveis, neste artigo procura-se analisar a viabilidade social, do ponto de vista econômico ou de eficiência, de fontes de energia fotovoltaica e eólica em comunidades rurais no estado do Ceará. Especificamente, elaboram-se demonstrações de fluxos de caixa como meios para mensurar e interpretar indicadores econômicos e identificar a viabilidade econômica ou não dos referidos sistemas, tomando-se por base os dados de 2017 dos projetos de eletrificação desenvolvidos em zonas rurais dos Municípios de Maranguape, Quixeré e Irauçuba.

2 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE INVESTIMENTOS

Inicialmente deve-se esclarecer que a avaliação de projetos pode ser feita, tomando-se a óptica privada e a social. A óptica privada é de interesse medir a rentabilidade do agente isolado, que pode ser um investidor, governo, cooperativa, consumidor ou outro. Essa avaliação pode ser feita também assumindo o projeto sem financiamento ou com financiamento. Por sua vez, a óptica social parte do pressuposto da contribuição ou retorno do projeto para a sociedade como um todo (envolve todo o conjunto formado por investidor, governo, cooperativa, consumidor ou outro). Essa avaliação subdivide-se em econômica ou de eficiência e em social ou de equidade, em que nesta se mede, além da eficiência, a distribuição dos efeitos do projeto sobre níveis de renda maiores e menores da população afetada, priorizando os benefícios do projeto para a população mais pobre.

A avaliação do ponto de vista econômico busca quantificar a variação do bem-estar da sociedade de maneira geral, levando-se em consideração o custo de oportunidade da utilização dos recursos escassos. Essa avaliação visa determinar se os benefícios sociais da execução de um projeto possibilitam a geração de benefícios para um país ou região em seu conjunto (URUGUAY, 2014).

Dessa forma, cabe ao poder público, além da formulação de políticas, efetuar a análise de viabilidade técnica, socioeconômica e ambiental, como forma de possibilitar sua utilização pelos usuários e assegurar o desempenho eficiente no seu papel de desenvolvimento e crescimento no meio rural. Dentro dessa perspectiva, diversos estudos têm abordado a questão da eletrificação no meio rural brasileiro (OLIVEIRA, 2001; LEME; HAGE, 2008; MOREIRA *et al.*, 2013).

Assim, enquanto a avaliação privada inclui apenas os efeitos diretos, representados pelos custos e benefícios, a avaliação econômica insere todos os efeitos de um projeto: diretos, indiretos e externalidades. Portanto, no presente estudo considerou-se apenas o benefício direto do fornecimento de energia pelos sistemas para as comunidades, pois alguns benefícios sociais indiretos – a exemplo de melhoria na saúde, educação, renda de atividades agrícolas adicionais – são difíceis de quantificar e valorar não sendo, por hora, um objetivo atual abordá-los, ficando a proposta para trabalhos posteriores.

Fato é que a avaliação do projeto, para a sociedade em geral, faz com que na avaliação econômica o analista não se preocupe com quem irá arcar com os custos ou quem receberá os benefícios (CAMPOS; CAMPOS, 2018). Também é oportuno ressaltar que algumas características principais diferem a avaliação privada da avaliação econômica ou social.

Na avaliação econômica, objeto deste estudo, usam-se preços econômicos, sombra, de eficiência ou de conta, pois normalmente os preços de mercado da avaliação privada e financeira não podem ser utilizados na avaliação econômica em razão das distorções nos mercados. O preço econômico é o preço que realmente tem o bem ou serviço para a região ou país, livre de toda influência ou distorção, tais como restrições às importações, subsídios, salário-mínimo, dentre outros. Os preços econômicos ou sombras são estimados a partir dos preços de mercado do bem ou insumos e ponderados pelos respectivos fatores de conversão. Por sua vez, a avaliação privada (às vezes chamada de avaliação financeira) utiliza preços financeiros ou preços de mercado (incluídos impostos, subsídios e qualquer tipo de distorção que o bem ou serviço esteja sujeito).

Desse modo, tendo em vista a necessidade do ajuste da metodologia de avaliação privada para a avaliação econômica – que exige ajustar os custos e benefícios para cada uma das fontes energéticas analisadas –, torna-se necessária a utilização de metodologia apropriada, com a finalidade de corrigir os preços de mercado e com a finalidade de transformá-los em preços econômicos (BID, 2013).

Conforme Brent (2008), existe alguns métodos para a determinação dos preços econômicos. O primeiro método usa o critério dos multiplicadores de Lagrange por meio da maximização do benefício social sujeito à restrição de bens e insumos disponíveis na economia. A sociedade maximiza uma função sujeita a uma restrição orçamentária. Logo, o preço econômico obtido na resolução do problema de otimização corresponde ao vetor preço social, que é conhecido como *Ramseyprice*.

Já o segundo método corresponde à obtenção dos preços econômicos a partir dos preços de mercado. Essa abordagem é conhecida dentro do equilíbrio parcial entre oferta e demanda, considerando tudo o mais constante (*ceteris-paribus*). O preço econômico é qualquer preço que não seja um preço de mercado, não seja baseado nas trocas reais de mercado e que deve ser mensurado ou matematicamente derivado de dados indiretos. Os denominados preços econômicos indicam o valor de cada produto, insumo ou serviço, medido com base no numerário definido em correspondência aos custos econômicos de oportunidade desses bens e serviços. A discussão mais profunda desses métodos não faz parte do escopo deste artigo e, em caso de interesse, o leitor pode pesquisar em bibliografia especializada.

Conforme Sales (2015), a avaliação econômica é realizada sob o enfoque macroeconômico, portanto, remete para utilização de preços econômicos, que são os que realmente representam o valor do bem ou serviço gerado para a região ou país livre de toda influência de distorção. Os chamados preços-sombra ou econômicos podem ser determinados, conforme o segundo método, da seguinte forma:

$$FC = \frac{\text{Preço sombra do bem } i}{\text{Preço de mercado do bem } i} \quad (1)$$

Ao se multiplicar o preço de mercado do bem ou insumo, pelo respectivo fator de conversão, obtém-se o preço econômico do insumo ou bem:

$$FC = \frac{\text{Preço sombra do bem } i}{\text{Preço de mercado do bem } i} \quad (2)$$

tem-se que:

FE =Preço econômico ou preço-sombra;

PF = Preço de mercado ou financeiro;

FC = Fator de conversão.

Além disso, outra divergência entre a avaliação econômica de projetos e a privada ou financeira reside na separação das variáveis típicas financeiras, a exemplo da amortização dos financiamentos, variável financeira e outras que são econômicas e financeiras. Na análise econômica, as transferências –tais como impostos, subsídios, financiamentos governamentais – e o serviço da dívida (amortização e juros) devem ser eliminados do fluxo de caixa ou fluxo de benefícios e custos do projeto, pois representam apenas transferências de valores e, segundo o fluxo de caixa *específico* e adotado em projetos rurais pelo Banco Mundial, têm influência nula no cômputo da renda nacional ou da sociedade como um todo. Logo, não altera o benefício líquido (benefícios totais menos custos totais) para a sociedade, medido com base nos excedentes do consumidor e do produtor (CAMPOS; CAMPOS, 2018).

Assim, os juros e os financiamentos são e fazem parte do pagamento dos ativos envolvidos e imobilizados no capital do empreendimento, mas não acrescentam riqueza e estão embutidos no benefício líquido, que a análise econômica dispõe a calcular e avaliar. Já os juros provenientes de capital de terceiros são tratados como custos, assim como também os juros sobre o capital estrangeiro.

Portanto, a aplicação da metodologia custo/benefício deve inserir todas as variáveis, considerando a periodicidade de recolhimento e repasse desses encargos. Porém, alguns impostos – a exemplo do ICMS, ISS, PIS/PASEP/COFINS – devem passar por alguns ajustes quando se muda da análise privada para a análise econômica.

Vale ressaltar que a taxa de desconto adequada para os projetos privados é a de mercado, a qual representa o custo marginal do capital. Entretanto, o custo marginal do capital para a sociedade é diferente do custo marginal do capital para inversão privada. Logo, aplica-se a taxa social de mercado para se obter o valor presente dos fluxos de caixa (FONTAINE, 2008; GITTINGER, 1984; MOTTA, 1988).

Diversos países utilizam diferentes taxa de desconto social, dentre os quais: Bolívia 12%; Argentina 12%; Chile 6%; Nicaragua 8%; Colômbia 12%; Costa Rica 12%; México 10%; Peru 9%; Uruguai 7,5%; na Espanha varia entre 4,8% a 20%; e, por fim, Paraguai 11,4% (CONTRERAS, 2014). Os benefícios e custos sociais são determinados de maneira exógena, podendo ser identificados, quantificados e valorados em termos sociais expressos em unidades monetárias e atualizados com uma taxa de desconto relevante para a sociedade.

Já os indicadores de rentabilidade da avaliação econômica são determinados após serem elaborados os fluxos anuais de custos e benefícios mensurados a preços econômicos. São eles: Relação Benefício-Custo (B/C); Valor Presente Líquido (VPL); Taxa Interna de Retorno (TIR); Período de Retorno do Investimento (*Payback*). Esses indicadores podem ser descritos da seguinte forma:

- a) Relação Benefício-Custo (B/C): É definido como o quociente entre as somas anuais dos valores dos benefícios pelos custos anuais, ambos atualizados por uma determinada taxa de desconto. É matematicamente expressa da seguinte forma:

$$\frac{B}{C} = \left[\frac{\sum_{i=0}^n R_i}{(1+r)^i} \right] / \left[\frac{\sum_{i=0}^n C_i}{(1+r)^i} \right] \quad (3)$$

em que:

B/C = Relação Benefício/Custo;

R_i = Benefícios no i -ésimo ano;

C_i = Custos mais investimentos no i -ésimo ano;

r = taxa real de desconto por ano;

i = 0,1,2,3....., n(anos).

Um projeto é considerado viável quando os fluxos de caixas são atualizados a uma taxa de desconto (r) superior ao custo de oportunidade social do capital e esta relação for maior do que um. A inviabilidade do projeto ocorre quando a relação B/C for menor do que um. Esse indicador também possibilita verificar se os benefícios superam os custos e se para cada real de custo o projeto possibilita um retorno bruto em termos de unidade monetária investida (FONTAINE, 2008).

- b) Valor Presente Líquido (VPL): É definido como a diferença atualizada entre os benefícios e os custos operacionais e inversões do projeto. Esse indicador significa que, ao se efetuar uma inversão, espera-se receber ao longo de sua vida útil um

valor igual à soma investida mais um valor adicional (resíduo). Matematicamente, o Valor Presente Líquido é obtido a partir da seguinte fórmula:

$$VPL = \frac{\sum_{i=0}^n (R_i - C_i)}{(1+r)^i} = \frac{\sum_{i=0}^n R_i}{(1+r)^i} - \frac{\sum_{i=0}^n C_i}{(1+r)^i} \quad (4)$$

em que:

VPL = Valor Presente Líquido;

R_i = Benefícios no i -ésimo ano;

C_i = Custos mais investimentos no i -ésimo ano;

r = Taxa de desconto real no ano;

$i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$ (anos).

Uma característica relevante a respeito desse indicador é que ele seja maior do que zero, atualizado a uma taxa de desconto maior ou igual ao custo de oportunidade social do capital. Sendo que o projeto é considerado inviável, se o VPL for menor que zero, e indiferente em aceitar ou não sua execução se esse indicador for igual à zero (SALES, 2015).

O Valor Presente Líquido apresenta medida de análise superior à razão Benefício-Custo (B/C) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) e, juntamente com o indicador de relação B/C, torna-se função decrescente da taxa de desconto utilizada. O VPL é considerado uma medida acumulada, sendo superior a melhor alternativa de investimento que se apresenta ao investidor.

Um investimento é lucrativo somente se o valor atual do fluxo de renda for maior do que o valor atual do fluxo de custos, quando estes são atualizados fazendo uso de taxa de juros relevante para o investidor (FONTAINE, 2008).

- c) Taxa Interna de Retorno ($TIR=r^*$): É a taxa de juros que torna o valor do fluxo dos benefícios líquidos igual a zero (FONTAINE, 2008). Pode-se então auferir que é a taxa de desconto, que expressa a rentabilidade do capital do projeto durante todo o horizonte de tempo. Matematicamente, é determinada por meio da seguinte fórmula:

$$TIR = r^* \text{ tal que } \frac{\sum_{i=0}^n (R_i - C_i)}{(1+r^*)^i} = 0 \quad (5)$$

em que:

TIR = Taxa Interna de Retorno;

R_i = Benefícios no i -ésimo ano;

C_i = Custos mais investimentos no i -ésimo ano;

r^* = Taxa interna de retorno;

$i = 0, 1, 2, \dots$ (anos).

Algumas considerações podem ser levadas em conta: se a $TIR > r = \text{taxa de desconto}$, o projeto é considerado viável. Caso contrário, se a $TIR < r$ o projeto é considerado inviável para a sua execução. Logo, é conveniente implantar o investimento quando a taxa de juros for menor do que a taxa interna de retorno, ou seja, quando o capital em investimentos alternativos “render menos” do que o capital investido no projeto (FONTAINE, 2008).

A TIR apresenta a desvantagem quando os projetos têm comportamentos irregulares em seus fluxos, apresentando fluxos líquidos anuais (Benefícios Totais Atualizados menos Custos totais Atualizados), que variam de negativo para positivo, com duas ou mais mudanças de sinais (projetos não convencionais). Ou melhor, têm-se duas ou mais mudanças do valor do VPL de negativo para positivo e vice-versa, indicando mais de uma solução ou raiz do polinômio, pois a TIR é o valor de r que faz com que VPL seja igual à zero. Outra desvantagem é em razão de assumir a reinversão dos valores ou o reinvestimento dos fluxos anuais de caixa, fazendo com que a TIR resulte em taxas superestimadas, podendo também haver múltiplas taxas de retornos ou mesmo não ter solução, dependendo do fluxo de caixa do projeto. Nos casos em que ocorrem mais de uma TIR, matematicamente, haveria múltiplas soluções (AGUILERA, 2011).

- d) **Prazo de Retorno do Investimento Atualizado (*Payback* Atualizado):** É um indicador que mostra o tempo de recuperação do capital inicialmente investido, sendo encontrado quando o fluxo de caixa passa do negativo para o positivo. Esse método considera o valor do dinheiro no tempo:

$$PBE = k, \text{ tal que } \frac{\sum_{i=0}^k FC_i}{(1+r)^i} \geq 0 \text{ e } \frac{\sum_{i=0}^{k-1} FC_i}{(1+r)^i} < 0 \quad (6)$$

em que:

FC_i = Fluxo de caixa de cada período i ;

r = Taxa de desconto real ao ano;

$i = 0, 1, 2, \dots, n$ (anos).

Segundo Assaf Neto e Lima (2009), a principal vantagem desse indicador de rentabilidade privada e financeira é que leva em conta o tempo de investimento, permitindo calcular o número de períodos ou quanto tempo o investidor necessitará para recuperar o investimento realizado.

Pode-se considerar também o risco e incerteza em projetos. O primeiro envolve a dispersão da distribuição de probabilidade do elemento em estudo ou dos resultados calculados. O segundo é o grau de falta de confiança, com respeito a que a distribuição de probabilidade estimada seja correta.

É importante também considerar as causas de risco e incerteza em projetos devido ao número insuficiente de inversões similares, que podem proporcionar: informação média; prejuízos contidos nos dados e sua apreciação, que induzem efeitos otimistas ou pessimistas dependendo da subjetividade do analista; mudanças no meio econômico externo, que anulam a experiência adquirida no passado; e a interpretação errônea desses dados ou erros na aplicação deles (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2006; MOTTA; CALÔBA, 2006; NORONHA, 1981; SAPAG CHAIN; SAPAG CHAIN, 1989).

3 METODOLOGIA

3.1 Delimitação da área de estudo

O estado do Ceará produz energia elétrica, com as mais variadas fontes energéticas, hidrelétrica, biomassa, fotovoltaica e eólica, garantindo a oferta de eletricidade a toda a população. O estado gera 3.806.000.000 MW de energia elétrica, bem acima da demanda que é de 1.800.000.000 MW (SEINFRA, 2017).

O potencial de eficiência do vento para geração de energia eólica no Ceará supera a média mundial e a do próprio país. Isso porque o Ceará possui um fator de capacidade média de 47,6%, segundo dados da Associação Brasileira de Energia Eólica – ABEEÓLICA (SEINFRA, 2017). Esse estado também detém 447 unidades solares fotovoltaicas, com potência instalada de 10.414 kW, correspondendo a 19% da potência instalada de geração distribuída no Brasil, em que as unidades ou centrais estão localizadas em 47 dos 184 municípios cearenses e energia fotovoltaica de porte também comercial, com capacidade instalada de 3 MWp (SEINFRA, 2017).

No Ceará, por meio da implantação de ações da Secretaria do Desenvolvimento Agrário (SDA) por intermédio do Fundo Estadual de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF), foram implantadas miniusinas de geração de energia fotovoltaica e eólica para o suprimento das famílias rurais dos Municípios de Quixeré (na comunidade de Barreirinhas), Irauçuba (na comunidade Saco do Vento) e Maranguape (na comunidade Ladeira Grande) na Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar (COOPERFAM CEARÁ).

Já o Município de Maranguape situa-se a 28 km da capital cearense, possui um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH-2010) de 0,659, ocupando a 16ª na posição no *ranking* estadual. A taxa de crescimento geométrica da população rural em 2010 é 1,77%. O consumo de energia elétrica total do Município é de 87.416 MWh. A principal forma de suprimento de energia elétrica é a convencional e a classe de consumidores rurais consome o equivalente a 13.695 MWh (IPECE, 2016).

O Município de Irauçuba, por sua vez, possui 35,75% da sua população residindo na zona rural no ano de 2010. A maioria dos domicílios particulares possui energia elétrica, perfazendo 98,94%, sendo que o consumo total de eletricidade do Município equivale a 12.450 MWh, ressaltando-se que, na área rural esse valor chega 1.949 MWh. Entretanto, a taxa geométrica anual de crescimento da população rural está decrescendo a 0,84% (IPECE, 2016).

O Município de Quixeré apresenta clima tropical quente semiárido. A população está distribuída da seguinte forma: 61,46% da população reside na zona urbana e 38,54% na área rural. A taxa geométrica de crescimento anual da população rural em 2010 é 0,66%. A principal fonte de abastecimento de energia é a convencional. O consumo total corresponde a 42.932 kWh e a classe dos consumidores rurais perfazem 4.153 (IPECE, 2016).

3.2 Base de dados

Os dados utilizados são de natureza primária e secundária. Os dados de natureza primária foram coletados por meio de uma pesquisa de campo, sendo aplicados de maneira direta, com 29 questionários em uma amostra de produtores rurais, que disponibilizavam de energias renováveis em suas propriedades.

Os municípios e suas localidades rurais foram selecionados por possuírem as fontes de energias renováveis fotovoltaicas e eólicas implantadas por meio de ações públicas e privadas do Fundo Estadual de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF) da Secretaria de Desenvolvimento Agrário (SDA).

Os dados de natureza secundária foram obtidos em diversos órgãos dos Governos Estaduais e Federais: FEDAF; ADECE; SDA; IPECE; ANEEL. Todos os valores monetários utilizados foram coletados durante o ano de 2017, expressos em reais (R\$) e atualizados por meio do Índice Geral de Preços de Mercado (IGP-M) da fundação Getúlio Vargas para o período de julho de 2017.

3.3 Método de Análise

A avaliação econômica de um projeto de eletricidade rural compreende a avaliação dos benefícios gerados, tanto para o bem-estar dos beneficiários como de toda a sociedade, pelas tecnologias empregadas para satisfazer tal necessidade.

Segundo Giesecke (2011) e Ugás (2007) deve-se utilizar um horizonte de planejamento de 10 anos em projetos de autogeração, como são os casos dos projetos fotovoltaicos e eólicos. Adota-se como critério de horizonte de planejamento um período que seja mais ou menos comparável à vida útil econômica de maioria dos itens de investimentos (GITTINGER, 1984).

Utilizou-se uma taxa de desconto social de 12% ao ano, que é a taxa recomendada pelo Banco Mundial. Foram também utilizadas diferentes taxas de atratividade para a avaliação econômica: 6%, 8% e 10% ao ano para simular diferentes alternativas de investimentos. Com base nessas taxas, podem-se estimar os custos e benefícios do projeto, os quais foram transformados em custos e benefícios econômicos.

Os fatores de conversão aqui utilizados foram recomendados pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1991), Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNDU) e o Banco Mundial.

a) Valoração dos Benefícios Econômicos (VBE):

$$VBE = \sum_{i=1}^n P_{Fi} FC_i Q_i \quad (7)$$

em que:

VBE= Valoração do benefício econômico;

P_{Fi} = Preço financeiro ou de mercado do uso da energia em kWh;

FC_i = Fator de conversão do j-ésimo item= 0,81,..., 0,94;

Q_i = Quantidade de energia ofertada anualmente em kWh nos sistemas fotovoltaico e eólico.

Consideraram-se as diversas tarifas cobradas – de acordo com a situação energética no país –, representadas por meio de bandeiras informadas pelo preço de kWh da seguinte forma: a) Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia, logo, a tarifa não sofre nenhum acréscimo; b) Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis.

A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,020 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido nas condições de Bandeira vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração em que a tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,030 para cada kWh consumido; de Bandeira vermelha - Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração em que a tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,035 para cada kWh consumido. A quantidade de energia disponibilizada anualmente (kWh/ano) por cada um dos sistemas eólico e fotovoltaicos foram observadas nas comunidades em que os sistemas foram implantados.

b) Os Custos financeiros foram transformados em econômicos (CE) para cada ano do horizonte de Planejamento do projeto em R\$/ ano:

$$CE = \sum_{j=1}^n P_{Fj} \cdot FC_j \cdot S_j \quad (8)$$

sendo que:

CE= Custo econômico;

P_{Fj} = Preço financeiro dos insumos j utilizados para a implantação de cada ação que viabiliza o acesso à energia desses sistemas;

FC_j = Fator de conversão do j-ésimo item= 0,81,..., 0,94;

S_j = Quantidade utilizada do insumo j utilizado para a implantação de cada ação, que viabiliza o acesso à energia elétrica.

Na determinação dos custos econômicos, os investimentos e custos operacionais foram determinados por tipo de itens agrupados tais como: equipamentos; mão de obra; transporte; dentre outros.

Os custos operacionais são despesas com operação e manutenção e independem da quantidade de energia produzida anualmente (mão de obra qualificada e peças de reposição anuais). Foram excluídos da análise os impostos, subsídios, juros de financiamento, depreciações e aluguéis, considerados como meras transferências.

Foram utilizados alguns fatores de conversão para as variáveis empregadas na análise econômica, os quais se encontram expostos no Quadro 1. Para cada variável, o preço de mercado ou financeiro foi multiplicado pelo respectivo Fator de Conversão (FC) para transformá-lo em preço econômico da respectiva variável. Os fatores de conversão usados nesse estudo são os mesmos utilizados em avaliação de projetos públicos da SUDENE.

Quadro 1 – Fatores de conversão (FC) para as variáveis dos sistemas energéticos

Discriminação	Fatores de conversão
Energia Elétrica	0,97
Transporte	0,79
Bomba	0,87
Mão de obra qualificada	0,81
Receita Total	0,97
Demais variáveis	0,94
Matérias-primas nacionais ou importadas	0,88
Fator de conversão padrão ou para blocos de produtos similares (FCP)	0,94

Fonte: SUDENE (1991).

A transformação das variáveis utilizadas na composição do fluxo de caixa possibilita o cálculo e interpretação dos indicadores utilizados para a avaliação econômica, tais como: o VPL; B/C; TIR; e o *Payback* Atualizado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação econômica de investimentos aplicados na implantação do sistema fotovoltaico na comunidade do assentamento rural Saco do Vento, Irauçuba – Ceará

No ano de 2014 foram implantados mais de 30 projetos de eletrificação rural por meio de energias renováveis nas comunidades rurais do Estado do Ceará – de competência do Fundo Estadual de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF) da Secretaria de Desenvolvimento Agrário –, com participação no estudo da área de localização, instalação e assistência técnica.

O cálculo das receitas operacionais foi determinado da seguinte forma: 225 kWh gerados pelo sistema solar foram multiplicados por 8 horas (que corresponde à quantidade de irradiação diária) por 12 meses (ano) a uma tarifa de R\$ 0,40/kWh. Portanto, o valor da receita foi de R\$ 9.503,09/ano, representando a economia anual gerada pelo sistema (Tabela 1).

Tabela 1 – Orçamento de receitas, investimentos e custos operacionais para implantação de um sistema de energia fotovoltaica no Assentamento Saco do Vento, Irauçuba-Ce, 2017

1. RECEITAS OPERACIONAIS		Valor anual (R\$)			
Receitas operacionais (R\$) (Ano 1- 10)		9.503,04			
Total		9.503,04			
2. INVESTIMENTOS		Vida útil (anos)	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
Placas policristalinas de 250Wp		25	867,88	7	6.075,18
Bateria estacionária <i>Freedoom</i> 115AH-12v		5	376,00	1	376,00
Inversor senoidal 1000W 12Vcc/220 Vac		10	516,60	1	516,60
Gabinete		5	282,00	1	282,00
Lâmpadas tubo led		5	4,70	5	23,50
Dispositivos de proteção		6	75,20	1	75,20
Mão de obra qualificada		0	729,00	1	729,00
Transporte		0	553,68	0	553,68
Bomba submersa alemã		3	696,00	1	696,00
Cabo de corrente contínua		10	14,10	5	70,50
2. INVESTIMENTOS		Vida Útil (anos)	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
Cabo de corrente alternada		10	15,04	5	75,20
Total		-	-	-	9.472,86
3. CUSTOS OPERACIONAIS		Valor unitário (R\$)			
Transporte		889,58			
Mão de obra		1.111,97			
Outros custos operacionais (troca de equipamentos tais como: bateria e inversores)		222,39			
Total		2.223,94			

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

O valor de implantação de um sistema de energia fotovoltaica para uso doméstico corresponde a R\$ 9.478,86, a preços de julho de 2017, de acordo com a FEDAF. Esse total está relacionado ao transporte de maquinário, estrutura física e obtenção de dados para diagnósticos específicos.

Em relação aos custos de operação e manutenção, segundo os técnicos da FEDAF, correspondem, em média, a R\$ 2.223,94/ano, referente aos serviços de troca de equipamentos como bateria, inversores e pagamento da mão de obra especializada.

Cabe anotar que na etapa de execução e supervisão podem-se repetir a avaliação econômica à medida que apresentem mudanças nas circunstâncias que afetam os fluxos do projeto. Vale ressaltar que, nos três primeiros anos, os custos operacionais são garantidos pela empresa Consultoria Planejamento e Sistemas (CONPSYS), que implantou o sistema solar. Assim como, a troca ou substituição de equipamentos, que porventura venha incorrer em defeitos técnicos ou término de sua vida útil.

Na elaboração do fluxo de caixa, considerando diferentes taxas de desconto e tarifa em kWh, os investimentos realizados mostraram-se viáveis sob o ponto de vista econômico (Tabela 2).

O sistema foi financiado pelo Fundo de Financiamento da Agricultura Familiar (FEDAF), sendo que todos os beneficiários estão vinculados ao programa por meio de associação comunitária. O valor residual de R\$ 4.134,18 significa que ao fim do projeto de investimento há equipamentos e materiais, que podem ser vendidos e/ou disponibilizados a outros projetos.

Os créditos são determinados pela soma do crédito de investimento e o crédito de custeio; como o projeto não apresenta custeio, os créditos são iguais ao investimento de implantação do projeto.

Tabela 2 – Demonstração de fluxo de caixa econômico – sistema fotovoltaico do Assentamento Saco do Vento, Irauçuba-CE

Especificações	Anos de Projeto											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I - TOTAL ENTRADAS (1+2+3)	18.975,95	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	13.637,27
1. Receita do Projeto	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09
2. Créditos (2.1+2.2):	9.472,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1. C. de investimento	9.472,86											
2.2. C. de custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.134,18
II – TOTAL DE SAÍDAS (4+5+6+7)	9.472,86	0,00	0,00	2.919,94	2.223,94	2.905,44	2.995,14	2.223,94	2.223,94	2.223,94	2.919,94	2.223,94
4. Investimento	9.472,86											
5. Reinvestimento	0,00	0,00	0,00	696,00	0,00	681,50	771,20	0,00	0,00	696,00	0,00	0,00
6. Custos Operacionais	0,00	0,00	0,00	2.223,94	2.223,94	2.223,94	2.223,94	2.223,94	2.223,94	2.223,94	2.223,94	2.223,94
7. Serviço (Dívida (7.1+7.2))	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7.1. Investimento (a + b)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7.2. Custeio (c + d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
c) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III – BENEFLÍQUIDO (I-II)	9.503,09	9.503,09	9.503,09	6.583,15	7.279,15	6.597,65	6.507,95	7.279,15	7.279,15	6.583,15	11.413,33	

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

A Tabela 3 mostra os resultados dos indicadores utilizados na avaliação econômica. Considerando a taxa de desconto de 12% ao ano utilizada pelo Banco Mundial para financiamento de projetos sociais, constata-se que o indicador de relação benefício-custo apresentou valor maior do que um (R\$ 3,74), indicando a viabilidade do projeto. Isso porque os benefícios gerados para a sociedade superam os custos, ou seja, para cada R\$ 1,00 de custo o projeto apresenta retorno bruto de R\$ 3,74 ou retorno líquido de R\$ 2,74.

Tabela 3 – Avaliação econômica de implantação do sistema de energia fotovoltaica no Assentamento rural Saco do Vento, Irauçuba-Ce, 2017

Taxa de Desconto (% a.a.)	B/C (R\$)	VPL (R\$)	TIR (%)	PB (anos)
6	3,83	67.414,87		
8	3,80	62.377,09	40,45	4,62
10	3,77	58.007,38		
12	3,74	54.197,78		

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

O valor presente líquido (VPL) foi maior do que zero, mostrando que o projeto é viável, pois todo o capital investido mais os custos operacionais foram recuperados e remunerados à taxa de desconto de 12% ao ano e gerou uma sobra (líquida) de R\$ 54.197,78.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) foi maior do que o custo de oportunidade do capital, indicando também viabilidade do projeto e o período de recuperação do investimento foi de aproximadamente 5 anos.

Os benefícios são aqueles que possibilitam a aquisição e suprimento de energia elétrica para a comunidade, garantindo o acesso à cidadania pelo uso de bens e serviços, que dependem da eletricidade. Dessa forma, fica evidente a relevância da eletricidade para o desenvolvimento econômico e social da sociedade, principalmente, para as localidades de difícil acesso.

Assim, a energia solar ou fotovoltaica tornou-se um veículo de propagação do desenvolvimento rural, sendo de fácil aquisição, renovável e não poluente. Por fim, a avaliação econômica permite também a avaliação do cidadão rural, que consome energia elétrica e que permanece excluído do acesso ao serviço de eletricidade.

Em relação aos benefícios indiretos, gerados por meio dessas fontes energéticas, eles contribuem para que a comunidade rural possa adquirir bens e serviços, que dependem da eletricidade, fomentando a demanda por esses produtos e favorecendo a geração de emprego e renda, ou seja, possibilitando a geração de benefícios para região.

4.2 Avaliação econômica do sistema de energia fotovoltaica na Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar, Maranguape - CE

O estudo faz referência à análise econômica da instalação de um sistema de energia fotovoltaica na Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar – Cooperfam Ceará, no Município de Maranguape. Os custos econômicos para a construção do sistema de energia fotovoltaica levam em consideração os preços sociais dos equipamentos, mão de obra e transporte.

Na Tabela 4, a seguir, tem-se a receita gerada pelo sistema localizado no Município de Maranguape. O cálculo para a determinação da receita gerada pelo sistema da Cooperativa Agroecológica Familiar corresponde à soma total anual dos valores pagos pela utilização do sistema relacionados aos períodos Hora Ponta³ e Fora Ponta⁴, que totalizaram R\$ 93.014,85. Para o cálculo do consumo Hora Ponta e Fora Ponta multiplicou-se os consumos mensais (kWh/mês) pelas tarifas de R\$ 1,79/kWh e R\$ 0,45/kWh, resultando em consumo total anual de R\$ 38.696,22/kWh e R\$ 57.195,37/kWh, respectivamente.

Pode-se observar que a implantação do sistema apresentou um custo de R\$ 101.837,79. Os custos operacionais dessa tecnologia social envolvem a troca de equipamentos, tais como o *string box*, que, em média, custa R\$ 1.128,00/ano.

Tabela 4 – Orçamento de receitas, investimentos e custos operacionais para implantação do sistema de energia fotovoltaica na Coferpam, Maranguape - Ceará, 2017

1. RECEITAS OPERACIONAIS DO SISTEMA	Valor anual (R\$)
Receitas operacionais (R\$) (Ano 1- 10)	93.014,85
Total	93.014,85

3 Refere-se ao período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas estabelecidas pela distribuidora, levando em consideração a curva de carga de seu sistema elétrico, com aprovação da ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais.

4 Refere-se ao período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares definidas no horário de ponta e intermediário (no caso da Tarifa Branca).

2. INVESTIMENTOS	Vida Útil (anos)	Valor Unitário (RS)	Quantidade	Valor total (RS)
Placas policristalinas de 250Wp	25	974,59	36	35.085,31
Inversor senoidal 1000W 12Vcc/220 Vac	5	1.691,68	1	1.691,68
Gabinete	5	757,32	1	757,32
Lâmpadas tubo led	5	37,60	50	1.880,00
Cabo	5	13,63	80	1.090,40
String box	10	690,58	1	690,58
2. INVESTIMENTOS	Vida Útil (anos)	Valor Unitário (RS)	Quantidade	Valor total (RS)
Mão de obra qualificada	0	12.993,66	4	51.974,62
Transporte	0	8.667,87	1	8.667,87
Total	-	-	-	101.837,79
Outros custos operacionais (troca de equipamentos como string box)	1.128,00			
Total	1.128,00			

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

Depois de mensuradas as entradas e saídas do projeto, elaborou-se o fluxo de caixa, considerando a vida útil do referido sistema de 10 anos, o qual se encontra na Tabela 5.

Tabela 5 – Demonstração do fluxo de caixa econômico – sistema de energia fotovoltaico da Cooperfam, Maranguape - CE

Especificações	Anos de Projeto											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I - TOTAL ENTRADAS (1+2+3)	194.852,64	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	114.066,04
1. Receita do Projeto	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85
2. Créditos (2.1+2.2):	101.837,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1. C. de investimento	101.837,79											
2.2. C. de custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21.051,19
II - TOTAL DE SAÍDAS (4+5+6+7)	101.837,79	0,00	0,00	1.128,00	1.128,00	5.357,98	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00
4. Investimento	101.837,79											
5. Reinvestimento		0,00	0,00	0,00	0,00	4.229,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6. Custos Operacionais	0,00	0,00	0,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00
7. Serviço (Dívida (7.1+7.2))	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7.1. Investimento (a + b)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7.2. Custeio (c + d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
c) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III - BENEFLÍQUIDO (I-II)	93.014,85	93.014,85	93.014,85	91.886,85	91.886,85	87.656,87	91.886,85	91.886,85	91.886,85	91.886,85	91.886,85	112.938,04

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

A Tabela 6 mostra que o projeto apresenta viabilidade econômica para a tarifa de energia considerada e para todas as taxas de desconto utilizadas. Considerando a taxa de desconto de 12% ao ano, identifica-se que o indicador de relação benefício-custo apresentou valor maior do que um (R\$ 6,69), indicando a viabilidade do projeto, pois os benefícios gerados para a sociedade superaram os custos, ou seja, para cada R\$ 1,00 de custo o projeto apresenta retorno bruto de R\$ 6,69 ou retorno líquido de R\$ 5,69.

Tabela 6 – Avaliação econômica do sistema de energia fotovoltaica na Cooferpam, 2017

Taxa de Desconto (% a.a.)	Relação B/C (R\$)	VPL (R\$)	TIR (%)	PB (anos)
6	8,01	779.972,12		
8	7,52	718.466,54	38,55	5,2
10	7,08	665.067,11		
12	6,69	618.480,14		

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

O valor presente líquido (VPL) foi maior do que zero e o projeto é viável, indicando que todo o capital investido mais os custos operacionais foram recuperados e remunerados à taxa de desconto de 12% ao ano e gerou uma sobra (líquida) de R\$ 618.480,14.

A taxa interna de retorno (TIR) foi maior do que o custo de oportunidade do capital (12% ao ano), indicando também viabilidade do projeto, pois os capitais investidos no projeto estão sendo remunerados a 38,55% ao ano e o período de recuperação do investimento é de 5,2 anos. Nesse caso, os benefícios gerados pelo sistema dizem respeito à diminuição dos gastos, com eletricidade pela Cooperativa, gerando resultados que podem ser investidos, por exemplo, na aquisição de novos equipamentos, ampliação do espaço da cooperativa ou na compra de novas placas para aumento da capacidade energética.

Verifica-se ainda que o sistema solar possibilita a cooperativa rural gerar e ofertar sua própria eletricidade desde que de acordo com as normas de regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica. Logo, o sistema poderá contribuir para a independência da Cooperativa em relação ao setor elétrico.

Quanto aos benefícios indiretos, têm-se o beneficiamento de toda a comunidade circunvizinha, por meio do excedente de energia gerado, e o sistema que é interligado a rede convencional de eletricidade, garantindo maior oferta de energia no meio rural.

4.3 Avaliação econômica de implantação de um sistema eólico na Cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e Região (Coopafaq) da comunidade rural do sítio Barreirinhas, Quixeré - CE

Foi implantado um minissistema eólico na Cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e região por intermédio do Fundo de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF) da Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará (SDA), ou seja, uma miniturbina eólica considerada a pioneira e direcionada para agricultura familiar.

Na Tabela 7, a seguir, especificam-se receitas, investimentos iniciais e custos operacionais do sistema, que envolve a construção de uma miniusina eólica na comunidade rural de Barreirinhas. A empresa responsável pela implantação do sistema – Consultoria Planejamento de Systemas (CONPSYS) – garantiu por três anos a manutenção dos equipamentos sem custos adicionais para os beneficiários.

O cálculo das receitas operacionais do sistema eólico foi determinado como base na média de consumo efetivo da cooperativa, cuja estimativa anual da produção resultou em R\$ 6.071,03/ano. Verifica-se que o custo médio para implantação do sistema eólico no meio rural foi de R\$

94.203,85. O sistema de energia eólica foi implantado em 2014. Os custos de operação e manutenção correspondem, em média, a R\$ 658,00 relativos à montagem de andaimes e aplicação de graxa específica nos rolamentos da turbina.

Tabela 7 – Orçamento de receitas, investimentos e custos operacionais para implantação do sistema de energia eólica na COOPAFAQ em Quixeré - Ceará, 2017

1. RECEITAS OPERACIONAIS		Valor anual (R\$)			
Receitas operacionais (R\$) (Ano 1- 10)		6.071,03			
Total		6.071,03			
2. INVESTIMENTOS		Vida Útil (anos)	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
Miniturbina eólica 3.5 kw		25	54.546,96	1	54.546,96
Inversor senoidal 1000W 12Vcc/220 Vac		10	1.691,69	1	1.691,69
Cabo		10	423,00	30	12.690,00
Mão de obra		0	1.944,00	6	11.664,00
Dispositivos de proteção		6	75,20	1	75,20
Transporte		0	13.536,00	1	13.536,00
Total		-	-	-	94.203,85
3. CUSTOS OPERACIONAIS		Valor unitário (R\$)			
Manutenção		229,00			
3. CUSTOS OPERACIONAIS		Valor unitário (R\$)			
Mão de obra		429,00			
Total		658,00			

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

Na Tabela 8, após a elaboração da demonstração de fluxo de caixa, foram mensurados os indicadores econômicos de avaliação de projetos.

Tabela 8 – Demonstração do fluxo de caixa econômico – sistema de energia eólica da Coopafaq, Quixeré - CE

Especificações	Anos de Projeto											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I - TOTAL ENTRADAS (1+2+3)	100.274,88	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	38.824,27
1. Receita do Projeto	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03
2. Créditos (2.1+2.2):	94.203,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1. C. de investimento	94.203,85											
2.2. C. de custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32.753,24
II - TOTAL DE SAÍDAS (4+5+6+7)	94.203,85	0,00	0,00	658,00	658,00	658,00	733,20	658,00	658,00	658,00	658,00	658,00
4. Investimento	94.203,85											
5. Reinvestimento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	75,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6. Custos Operacionais	0,00	0,00	0,00	658,00	658,00	658,00	658,00	658,00	658,00	658,00	658,00	658,00
7. Serviço (Dívida (7.1+7.2))	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Especificações	Anos de Projeto											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
7.1. Investimento (a + b)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7.2. Custeio (c + d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
c) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III – BENEFLÍQUIDO (I-II)	6.071,03	6.071,03	6.071,03	5.413,03	5.413,03	5.413,03	5.337,83	5.413,03	5.413,03	5.413,03	5.413,03	38.166,27

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

De acordo com a Tabela 9, todos os indicadores mostraram-se viáveis para as diferentes taxas de desconto analisadas. Analisando esses parâmetros a uma taxa de desconto de 12% ao ano, constata-se que o indicador relação benefício-custo foi maior do que um, ou seja, os benefícios superaram os custos, pois, para R\$ 1,00 de custo, o projeto gerou apenas benefícios de R\$ 1,50.

Tabela 9 – Avaliação econômica do sistema energia eólica na Coopafaq, Quixeré e Região, 2017

Taxa de Desconto (% a.a.)	Relação B/C (R\$)	VPL (R\$)	TIR (%)	PB (anos)
6	1,67	65.354,20		
8	1,60	58.690,01	32,18	0,33
10	1,55	53.059,10		
12	1,50	48.275,50		

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

Assim, o VPL apresentou resultado maior do que zero (R\$ 48.275,50), indicando que o capital investido mais os custos operacionais foram recuperados e remunerados à taxa de desconto de 12% ao ano. A taxa interna de retorno apresentou resultado superior ao custo de oportunidade do capital; logo, o projeto é considerado inviável. O capital investido no projeto está sendo remunerado em 32,18%, considerando todo o horizonte de planejamento. O *payback* descontado foi de aproximadamente cento e dezenove dias, ou seja, três meses.

Os benefícios proporcionados pelo sistema eólico referem-se apenas à economia de energia, possibilitando a redução dos custos operacionais da Cooperativa. Por outro lado, o sistema também contribui indiretamente para o suprimento energético da comunidade em que está instalado pelo fato de o sistema ser interligado à rede convencional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O indicador relação benefício-custo (B/C) apresentou maior resultado (R\$3,74) no sistema fotovoltaico do Assentamento Saco do Vento em Irauçuba para uma taxa de desconto de 12% ao ano. Quanto ao VPL, o sistema fotovoltaico em Maranguape apresentou maior retorno líquido, totalizando R\$ 618.480,14 para a mesma taxa de desconto.

Já a TIR apresentou bom índice de rentabilidade para todos os sistemas, pois os investimentos estão sendo remunerados acima da alternativa de remuneração do capital. O tempo de recuperação do capital investido foi menor (4,62 anos) para o sistema fotovoltaico em Irauçuba.

As análises desses indicadores financeiros possibilitam o direcionamento de instrumentos de políticas públicas eficientes, voltados para atendimento das necessidades básicas de agricultores familiares em comunidades rurais.

O sistema eólico garante o suprimento energético da cooperativa COOPAFQA, assim como beneficia as comunidades pelo excedente de energia gerada (oferta e receitas compensadas no consumo mensal da cooperativa), dado que o sistema é interligado a rede convencional, contribuindo para o uso da eletricidade pela população local. Apesar dos benefícios gerados, constatam-se altos custos de implantação desse sistema e, conseqüentemente, menor viabilidade econômica.

Portanto, do ponto de vista social, sugere-se a ampliação dos sistemas de energias renováveis principalmente para aqueles produtores que dispõem de recursos financeiros para implantá-los, a fim de reduzir a dependência em relação à energia convencional, possibilitando a redução dos custos com a atividade agrícola com consumo doméstico.

É importante ressaltar que a eletrificação rural, por si só, não garante o pleno atendimento das necessidades básicas da população e o desenvolvimento rural, sendo necessário que programas sejam implantados e promovam o acesso a serviços de saneamento, água tratada, educação, saúde, capacitação tecnológica, incentivos e financiamentos, visando garantir o crescimento e a redução da pobreza no campo.

Como sugestão para futuros trabalhos, é relevante a ampliação da amostra de sistemas de energias renováveis instalados em diferentes municípios cearenses, tais como Beberibe, Iguatu, e Aracati, de forma a mensurar as externalidades positivas ou negativas e analisar a eficiência desses investimentos, incluindo também a mensuração do excedente de energia gerado pelos sistemas.

REFERÊNCIAS

- ASSAF NETO, A.; LIMA, F. G. **Curso de administração financeira**. São Paulo: Atlas, 2009.
- AGUILERA, R. (Org.). **Evaluacion social de proyectos**: orientaciones para aplicacion. Unidelar, Facultad de Economía: Montevideo, Uruguai, 2011. 462p.
- BID – BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. **Evaluacion financeira y económica de proyecto de electrificación rural com energia renovable** (BO-X1013). Cochabamba, 2013.
- BRENT, R. **Applied cost-benefit analysis**. Second Edition. Edwards Elgar Publishing, Massachusetts, USA, 2008.
- CAMPOS, R. T.; CAMPOS, K. C. **Elaboração e avaliação de projetos agropecuários**. Notas de aula. Fortaleza: UFC/CCA/DEA, 2018.
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITKE, B. H. **Análise de investimentos**. 9.ed. São Paulo; Atlas, 2006.
- CEARÁ. SECRETARIA DA INFRAESTRUTURA DO ESTADO DO CEARÁ (SEINFRA). **Energia**, 2017. Disponível em: <http://www.seinfra.ce.gov.br/index.php/noticias/28-energia/1716-energias-renovaveis>. Acesso em: 14 abr. 2017.
- CICLO VIVO. Disponível em: <http://ciclovivo.com.br>. Acesso em: 14 jun. 2017.
- CONTRERAS, E. **Evaluación de inversiones públicas**: enfoques alternativos y su aplicabilidad para Latinoamérica, Serie Manuales, CEPAL - ILPES, 2014.
- FONTAINE, E. R. **Evaluacion social de proyectos**. 13.ed. Pearson Educacion: México, 2008. 648p.
- GIESECKE, C. (Coord). **Eletificacion rural**: Guia para formulacion de proyectos de inversion exitosos. Ministério de Economia y Finanzas, Lima-Peru, 2011.
- GITTINGER, J. P. **Análisis económico de proyectos agrícolas**. Madri: Editorial Tecnos, 1984.
- IPECE – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICO DO CEARÁ. **Perfil básico municipal 2016**. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br>. Acesso em: 18 fev. 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios**, 2015. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 09 set. 2017.

LEME, A. A.; HAGE, J. A. (org). **A energia, a política internacional e o Brasil**. O setor elétrico no primeiro mandato do governo Lula: um primeiro olhar. Curitiba: Instituto Memoria, 2008.

MOREIRA, R. N.; VIANA, A. F.; OLIVEIRA, D. A. B. de; VIDAL, F. A. B. Energia eólica no quintal da nossa casa?! percepção ambiental dos impactos socioambientais na instalação e operação de uma usina na comunidade de sítio do Cumbe em Aracati-CE. In: **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 45-73, jan.-jun. 2013.

MOTTA, R. da R.; CALÔBA, G. M. **Análise de investimentos**. 1.ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MOTTA, R. S. da. **Análise de custos-benefícios: uma revisão metodológica**. Rio de Janeiro: INPES/IPEA, 1988. 33p.

NORONHA, J. F. **Projetos agropecuários: administração financeira, orçamentação e avaliação econômica**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1981. 274 p.

OLIVEIRA, L. C. **Perspectivas para a eletrificação rural no novo cenário econômico institucional do setor elétrico brasileiro**, 2001. 16 p. Dissertação de Mestrado, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Março, 2001.

SALES, M. L. S. **Avaliação financeira e econômica das ações de captação, acumulação e suprimento de água no Estado do Ceará**. 2015. 130 f. Dissertação. (Mestrado em Economia Rural). Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

SAPAG CHAIN, N.; SAPAG CHAIN, R. **Preparación y evaluación de proyectos**. 2.ed. México: McGraw-Hill Interamericana de México, 1989.

SUDENE - SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Cálculo de preços econômicos: guia prático**. Recife: SUDENE, 1991.

UGÁS, M. P. (Org.). **Guia metodológica para la identificación, formulacion y evaluacion de proyectos de eletrificacion rural a nível de perfil**. Programación Multianual del Sector Público (DGPM) del Ministério de Economía y Finanzas. Lima-Peru, 2007.

URUGUAY. Sistema Nacional de Inversión Pública, 2014. **Precios sociales y pautas e técnicas para la evaluación socioeconómica**. SNIP: Governo Paraguay, 2014. 35 p.