

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA A MARINHA DO BRASIL*

PRISCILA DIAS PEREIRA**
Primeiro-Tenente (EN)

SUMÁRIO

Introdução
Fundamentação Teórica
Metodologia
Resultados e Discussões
Conclusão

INTRODUÇÃO

A Geração Distribuída (GD) representa um dos novos paradigmas quando se trata da operação de sistemas elétricos. Isso se dá pela descentralização da geração, acarretando o protagonismo das redes de distribuição de energia no âmbito da operação. Devido aos incentivos e à acessibilidade, a energia fotovoltaica torna-se a mais atrativa, destacando-se como uma das principais fontes de GD de energia elétrica (BASSO, 2021).

Entre os benefícios que podem ser citados com relação à difusão da GD e principalmente da energia solar estão a redução das perdas e do carregamento de transformadores, a diminuição das emissões de gases de efeito estufa, redução de materiais particulados na atmosfera e diminuição da demanda por recursos hídricos para geração (BASSO, 2021).

Em se tratando de irradiação solar no território nacional, segundo descrito no *Atlas Brasileiro de Energia Solar* (PEREIRA, 2006), no local de menor incidência de

* Título original: “Análise de viabilidade econômica na instalação de sistemas fotovoltaicos em Organizações Militares”.

** Mestranda do curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica na Universidade Federal Fluminense (UFF). Serve na Diretoria de Engenharia Naval (DEN).

irradiação no Brasil, uma unidade geradora é capaz de produzir mais energia elétrica do que no local de maior incidência no território alemão, país com ampla difusão da geração por fonte solar. Isso se deve à posição geográfica do Brasil, situado na zona intertropical, o que acarreta a baixa variação sazonal de irradiação solar, fator determinante para a eficácia na geração por fontes fotovoltaicas (ALTOÉ, 2020).

De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2021 (EPE, 2021), que toma como base o ano de 2020, a matriz energética brasileira é composta por 84,8% de fontes renováveis, sendo a energia hidrelétrica a predominante entre as fontes. Apesar dos altos índices de irradiação no Brasil, entre as fontes renováveis, a energia solar ainda representa uma parcela modesta da oferta de energia no território nacional, participando em 1,66% na oferta interna de energia, representando apenas 1,9% da capacidade instalada no País.

Para aumentar a prevalência das energias renováveis na matriz energética nacional, o Estado vem adotando nas últimas décadas medidas de incentivo e acessibilidade, pela população geral, à geração sustentável. Com relação a tais medidas, os trabalhos desenvolvidos por Santos (2021), Cassa (2019) e Soethe (2020) tratam das diferentes políticas públicas implementadas no Brasil nas últimas décadas, apresentando um panorama do desenvolvimento e da diversificação da matriz energética nacional em função de diferentes programas, leis e decretos aplicados.

Em Santos (2021), o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) é apresentado, tendo resultado, entre outros fatores, na implementação de 344 empreendimentos nos setores de geração e transmissão de energia com foco em fontes renováveis e 62 intervenções em infraestruturas para usinas eólicas. Tais empreendimentos

acarretaram o aumento de 1,7% para 8,8% da capacidade instalada de geração eólica, entre os anos de 2013 e 2018.

Já em Cassa (2019) e Soethe (2020), são expostas as principais resoluções normativas, decretos e leis relacionadas à expansão da GD, bem como à difusão da energia solar.

Entre essas, podem ser citadas as resoluções normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) nº 482, de 17 de abril de 2012 (ANEEL, 2012) e nº 687, de 24 de novembro de 2015 (ANEEL, 2015), que definem os critérios básicos de compensação de energia para unidades consumidoras inseridas na GD por meio da geração de energia local. Vale também citar o convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015 (CONFAZ, 2015), a Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007 (MPS, 2007), e a Lei nº 12.431, de 24 de junho de 2011 (MF, 2011), que estão relacionados ao fomento de obras de infraestrutura e operações que envolvam geração de energia por fontes sustentáveis, por meio da isenção de impostos diversos. Por fim, são expostas as possibilidades de financiamento, a partir de créditos especiais em bancos públicos e privados.

Considerando o cenário benéfico que envolve a implantação em larga escala de unidades geradoras, constituindo o sistema de GD, e levando em consideração os principais incentivos aplicados em território nacional, o presente artigo tem como propósito realizar a análise de viabilidade da implantação de sistemas fotovoltaicos em uma Organização Militar (OM).

Este artigo está organizado da seguinte forma: primeiramente, são apresentados os conceitos relativos à geração de energia por meio do efeito fotoelétrico, fenômeno base para o funcionamento dos painéis solares. São expostos também os detalhes referentes às resoluções norma-

tivas da Aneel, que envolvem o sistema de compensação de energia por parte dos consumidores, enquadrados em mini e microgeradores e os critérios dispostos pela concessionária de energia elétrica da cidade do Rio de Janeiro, local da OM estudada. Em seguida, é apresentada a metodologia utilizada para dimensionamento e orçamento dos equipamentos utilizados no estudo. O artigo também apresenta os resultados obtidos de orçamento, bem como as discussões referentes à viabilidade do projeto. Por fim, traz as conclusões obtidas após a análise de viabilidade da implantação de um sistema fotovoltaico na OM em questão.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Geração Distribuída

Para melhor entendimento dos conceitos apresentados neste trabalho, é importante analisar as definições presentes na legislação brasileira para projetos de GD e as especificações existentes para projetos instalados na cidade do Rio de Janeiro, onde se encontra a OM alvo do trabalho.

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica, por meio da Resolução Normativa nº 482/2012, de 17 de abril de 2012, o consumidor tem a capacidade de realizar sua própria geração de energia elétrica a partir de fontes de energia renovável ou empreendimentos qualificados como cogeração. No Brasil, é implementado o sistema de créditos de energia, em que o consumidor que opta por conectar seu sistema de geração à rede recebe créditos referentes à energia injetada por ele no sistema, que são abatidos de sua conta de energia dentro de um período predefinido de até 60 meses. Tal política de incentivo é conhecida como Net-Metering – Sistema de Compensação de Energia.

A Resolução Normativa nº 482 foi atualizada em 2015 pela Resolução Normativa nº 682/2015. Esta realiza a denominação de microgeração para centrais de geração com potência total instalada de até 75 kW e minigeração para projetos de até 5 MW. Além disso, a resolução nº 682 ampliou o período de utilização dos créditos, que antes era de 36 meses, para até 60 meses e estabeleceu dois novos conceitos, a “geração compartilhada” e o “autoconsumo remoto”.

A geração compartilhada permite a união de interessados em consórcios para a implementação de um projeto de GD, dividindo os créditos gerados pelo mesmo entre os associados. Já o autoconsumo remoto permite que os créditos de uma unidade geradora possam ser utilizados por outra unidade pertencente ao mesmo dono, desde que localizada em uma área de atuação da distribuidora à qual está conectada a unidade geradora.

Entendidas as legislações vigentes sobre a instalação de empreendimentos de GD no País, pode-se focar nas particularidades para instalação na cidade do Rio de Janeiro. De acordo com a distribuidora em atuação na cidade, a conexão do projeto com a rede de distribuição se dá em cinco passos:

1 – Elaboração do Projeto

Neste, o projeto da geração é elaborado pelo cliente. A distribuidora recomenda a contratação de equipe qualificada para esta etapa, porém não gera credenciais para este tipo de atividade.

2 – Entrega da Documentação

Nesta etapa, o consumidor entrega a documentação necessária de acordo com o tipo de pessoa (física ou jurídica) e de acordo com o tipo de empreendimento, se é de natureza simples, autoconsumo remoto ou geração compartilhada. Também há documentação específica para projetos

com mais de 10kW de potência instalada ou minigeração.

3 – Emissão de parecer

A distribuidora emite parecer sobre o projeto, que pode demorar de 15 até 60 dias, dependendo do porte do mesmo, tendo como resultado quaisquer alterações necessárias a serem aplicadas.

4 – Construção do Projeto

Etapa prática de instalação do sistema de geração distribuída.

5 – Vistoria

A distribuidora realiza a vistoria do projeto, emitindo um relatório de conclusão com alterações necessárias ou, caso não existam, aprovando a conexão do mesmo a rede.

Sistemas Fotovoltaicos

Ponto base de estudo no trabalho, os sistemas fotovoltaicos são fontes de energia renovável por meio da luz solar, o chamado efeito fotovoltaico. O princípio de funcionamento da célula fotovoltaica é baseado no uso de semicondutores, capazes de absorver a luz solar em sua camada de valência, separando elétrons e dividindo estes e os “buracos” gerados por sua ausência entre as duas diferentes camadas do semicondutor, criando, assim, uma diferença de potencial entre os polos negativo e positivo do mesmo, capaz de gerar energia elétrica.

Células fotovoltaicas apresentam diversos tipos de tecnologias existentes no mercado atualmente, baseadas nos diferentes materiais componentes do semicondutor utilizado. As mais comumente encontradas são as mono e policristalinas, feitas de silício. A primeira, feita de um

único cristal do material, não apresenta “bordas de grão” – defeitos verificados nos limites das junções de cristais – que diminuem sua eficiência, tendo assim uma geração mais eficiente do que as policristalinas, que são feitas de diversos cristais. Embora as policristalinas sejam menos eficientes, são, em geral, mais baratas. Além das células de silício, tecnologias mais recentes incluem células de filmes finos, fitas de silicone e células amorfas.

Um sistema fotovoltaico tem diversas vantagens, dentre as quais podemos citar:

- geração de energia renovável, sem emissão de resíduos;

- ausência de partes móveis, resultando

em baixa manutenção e emissão de ruídos; e

- módulos fotovoltaicos conectados para gerar níveis de potência, desde os miliwatts até gigawatts (flexibilidade).

As desvantagens desta fonte de energia

incluem a baixa densidade energética, que requer espaço significativo para implantação em larga escala, e a alta dependência nas condições climáticas para geração.

Um sistema fotovoltaico consiste em painéis fotovoltaicos, compostos de um determinado número de módulos de células fotovoltaicas, organizadas de maneira a atingir um determinado nível de potência de geração, além de um equipamento chamado inversor, responsável pela conversão da energia recebida dos painéis em níveis de tensão e frequência aceitáveis para a rede de distribuição, na qual o sistema será conectado, e os componentes de conexão em si, basicamente sendo o cabeamento e proteção (fusíveis e disjuntores).

A tomada de decisão de investir em sistema fotovoltaico deve levar em conta aspectos econômico-financeiros

Análise de Viabilidade

A tomada de decisão de investir é complexa e deve levar em conta diversos aspectos, em especial a análise econômico-financeira. Por meio dela, a organização poderá avaliar as alternativas de investimento, maximizando a contribuição marginal de seus recursos, e promover a riqueza líquida (ASSAF NETO, 2012).

O propósito desse estudo consiste em apresentar uma alternativa de economia na fatura de energia elétrica da instituição, sendo necessária a verificação da viabilidade financeira do investimento requerido para implantação dos sistemas fotovoltaicos. A análise supracitada será realizada por meio da utilização dos parâmetros da Taxa Interna de Retorno (TIR), do *payback* e do Valor Presente Líquido (VPL), os quais serão detalhados no decorrer do trabalho.

METODOLOGIA

Neste trabalho, utilizou-se como modelo de estudo uma OM localizada na cidade do Rio de Janeiro, a qual se dispôs a fornecer todas as informações necessárias para que os resultados obtidos fossem condizentes com a realidade, além de possibilitar, posteriormente, que a instituição faça uso dos dados apresentados, a fim de subsidiar as justificativas para implantação de sistemas fotovoltaicos em suas instalações.

Inicialmente, foram disponibilizados os registros de consumo de energia no período de janeiro a dezembro de 2020, e, a partir dessas informações, obteve-se a despesa anual da OM com o pagamento das faturas de energia elétrica. Adicionalmente, a partir do acesso às plantas arquitetônicas da OM, foi possível identificar a área disponível no telhado para realizar o dimensionamento do sistema fotovoltaico.

Uma vez definido o sistema a ser proposto, foi realizada a análise de viabilidade financeira do investimento, considerando a economia de energia proporcionada pela geração de energia fotovoltaica e as despesas atribuídas à implementação desse sistema, decorrentes da aquisição e instalação de seus componentes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, serão apresentados os resultados obtidos quanto ao dimensionamento, ao orçamento e à análise de viabilidade financeira para implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaica na OM em estudo. Vale destacar que a análise apresentada não tem como propósito tornar a OM autossuficiente energeticamente, mas sim proporcionar uma redução de custos para a instituição, além de prover incentivo ao emprego de GD por meio da utilização de fontes de energia renovável, resultando em um modelo de sustentabilidade e economia.

Análise do Consumo de Energia Elétrica

A OM analisada neste estudo funciona em quatro edifícios distintos, denominados edifícios A, B, C e D.

Por motivo de localização, os prédios A, B e C compõem um único perfil consumidor junto à concessionária, com uma demanda contratada (DC) de 450 kW. Por estar geograficamente posicionado um pouco distante das demais instalações, o edifício D possui um contrato de fornecimento de energia elétrica diverso, com uma demanda contratada de 200 kW.

Nas tabelas 1 e 2 são apresentados os registros de consumo de energia elétrica ativa e reativa da instituição durante o período de janeiro a dezembro de 2020,

considerando a Hora Ponta (HP) e a Hora Fora de Ponta (HFP). Adicionalmente, como forma de expor o perfil consumidor da instituição, foi realizada uma análise gráfica da variação do consumo ao longo do intervalo em estudo. Os

resultados obtidos são explicitados nas figuras 1 e 2.

O valor apresentado na fatura já é acrescido das parcelas correspondentes a tributos, taxas e Contribuição de Iluminação Pública.

Edifício A, B e C					
Mês/2020	Energia Ativa (kWh) HFP	Energia Ativa (kWh) HP	Energia Reativa (kWh) HFP	Energia Reativa (kWh) HP	Fatura (R\$)
Janeiro	40.003	2.060	8.611	1.380	42.719,65
Fevereiro	52.560	2.569	6.480	1.148	48.665,63
Março	45.418	2.207	7.229	1.366	46.697,49
Abril	29.376	1.739	10.570	1.483	38.699,57
Maio	26.842	1.864	8.582	1.375	36.640,99
Junho	27.417	1.943	8.611	1.394	37.008,94
Julho	31.737	2.140	9.504	1.536	40.695,85
Agosto	33.034	2.135	7.891	1.494	40.594,95
Setembro	37.613	1.964	8.525	1.463	41.512,13
Outubro	36.000	2.069	8.445	1.404	41.470,58
Novembro	36.149	2.080	8.389	1.406	41.991,10
Dezembro	37.642	2.193	7.834	1.420	47.196,35
Total/Ano	433.791	24.963	100.671	16.869	503.893,23

Tabela 1 – Registros de Consumo de Energia Elétrica (kWh) – Edifícios A, B e C

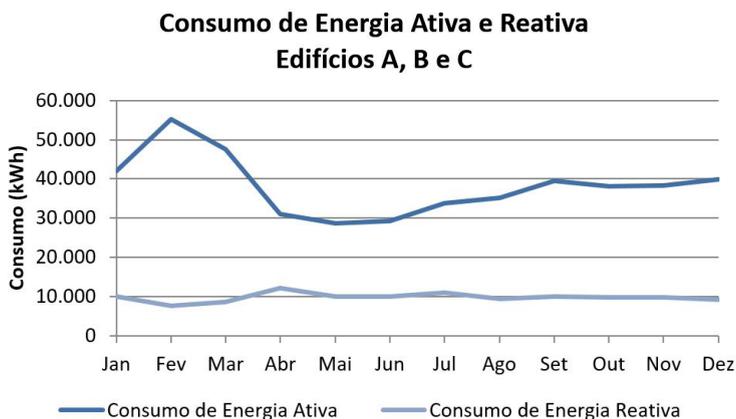


Figura 1 – Análise Gráfica de Consumo em kWh – Edifícios A, B e C

Edifício D					
Mês/2020	Energia Ativa (kWh) HFP	Energia Ativa (kWh) HP	Energia Reativa (kWh) HFP	Energia Reativa (kWh) HP	Fatura (R\$)
Janeiro	14.623	638	2.722	318	16.527,74
Fevereiro	19.699	623	2.484	325	18.754,00
Março	15.876	533	2.333	321	17.261,11
Abril	8.014	390	2.614	310	12.380,92
Mai	7.733	459	2.160	310	12.192,67
Junho	8.899	497	1.944	302	12.877,63
Julho	9.893	515	5.117	322	13.952,52
Agosto	11.470	592	2.009	312	14.954,88
Setembro	13.522	621	2.419	323	15.750,77
Outubro	12.192	541	2.645	316	14.961,36
Novembro	12.456	547	2.573	317	14.961,36
Dezembro	15.098	611	1.858	322	18.701,76
Total/Ano	149.475	6.567	30.878	3.798	183.276,72

Tabela 2 – Registros de Consumo de Energia Elétrica (kWh) – Edifício D

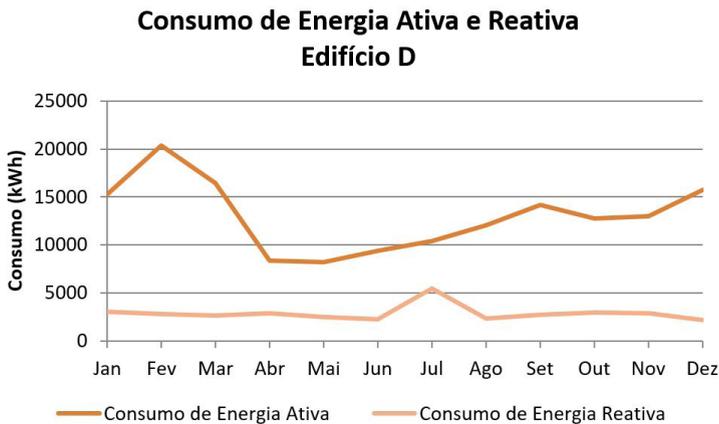


Figura 2 – Análise Gráfica do Consumo de Energia em kWh – Edifício D

Observa-se que, em ambos os gráficos, houve um decaimento no consumo de energia após o mês de março. Esse cenário é justificado pelo início da pandemia, quando o consumo foi inferior ao esperado em uma situação normal, em decorrência da adoção das medidas restritivas, sendo as atividades

presenciais, em sua maioria, suspensas.

A análise torna-se interessante, pois, uma vez que a implantação de um sistema fotovoltaico na instituição nesta condição se mostre vantajosa, então pode-se assegurar a viabilidade do investimento em um horizonte pós-pandemia.

De acordo com as tabelas 1 e 2, observa-se que, no ano de 2020, a OM teve um consumo de energia ativa de aproximadamente 600 MWh, totalizando uma despesa total no valor de R\$ 687.169,95. O presente trabalho busca verificar a viabilidade da instalação de painéis fotovoltaicos na instituição e se o projeto traria benefícios em relação à adoção de um consumo energético sustentável.

Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

A Organização Militar à qual se destina a análise de investimento em questão foi criada em 1949 e possui sede na cidade do Rio de Janeiro – RJ. A instituição é subordinada ao Ministério da Defesa do Brasil, e as atividades ali desenvolvidas contribuem significativamente para o planejamento da Defesa Nacional.

O sistema de geração de energia solar a ser descrito será composto por placas fotovoltaicas instaladas no telhado de três das quatro edificações que compõem a OM, conectadas em série-paralelo e ligadas à rede pública da distribuidora de energia local. O edifício A foi desconsiderado para implantação do sistema por se tratar de um prédio com arquitetura em telhado colonial, sendo de interesse da instituição manter sua aparência estética preservada. Para fins de comparação a respeito da efetividade do sistema a ser proposto, foram considerados apenas os registros de consumo de energia ativa durante o horário fora de ponta, uma vez que esse período coincide com o intervalo de maior produção do sistema fotovoltaico.

Sistema Fotovoltaico 01 – Edifícios A, B e C

Para o primeiro sistema foi disponibilizada uma área total de aproximadamente

1.800 m², compreendida pelos edifícios B e C, sendo os telhados compostos por telhas de fibrocimento de inclinação praticamente nula. Por meio de uma visualização via satélite, considerando uma abordagem conservadora em decorrência de prováveis interferências, foi definida uma área útil total disponível de 600 m² para implantação dos painéis.

Nessa área, foram distribuídas placas solares de dimensões 217,2 x 130,3 x 3,5 cm (AMERISOLAR, 2021). O arranjo totalizou 170 módulos, ocupando uma área de aproximadamente 482 m². A Tabela 3 apresenta um resumo das informações técnicas do sistema.

Sistema	
Potência de pico	102,85 kWp
Área estimada	482 m ²
Vida útil	25 anos
Módulos	
Potência	605 Wp
Quantidade	170
Eficiência	21,38%
Inversor	
Potência	75 kW
Quantidade	1

Tabela 3 – Resumo das informações técnicas dos componentes do sistema (AMERISOLAR, 2021)

Uma vez dimensionado o sistema compatível com as edificações, levantaram-se os dados de irradiação solar, que traduzem em kWh a radiação solar para Latitude -22°94', referente ao endereço dos edifícios que compõem a instituição, que pode ser convertida em energia elétrica. Os dados apresentados na Tabela 4 indicam as médias em kWh/m² por dia para cada mês do ano e sua respectiva média anual no plano horizontal.

Mês	Irradiação solar diária média (kWh/m ² .dia)
Janeiro	6,18
Fevereiro	6,35
Março	5,16
Abril	4,46
Mai	3,60
Junho	3,34
Julho	3,34
Agosto	4,22
Setembro	4,41
Outubro	5,10
Novembro	5,21
Dezembro	6,05
Média	4,79

Tabela 4 – Irradiação solar no plano horizontal (CRESESB, 2018)

De acordo com a área do sistema e a média de irradiação solar, contabilizando a eficiência de conversão (21,38%) e as perdas (20%), em sua maioria causadas pelo sombreamento e aquecimento dos módulos, chegou-se à uma capacidade de produção de energia para esse sistema de 144.136,21 kWh por ano, indicando uma produção média mensal de 12.011,35 kWh.

A fim de se obter uma estimativa de custo, foi realizada uma consulta técnica a uma empresa especialista em projetos de sistemas fotovoltaicos. O orçamento, recebido em dezembro de 2021, contemplou a execução do projeto elétrico, fornecimento de equipamentos (placas solares, inversor, cabeamento etc.) e instalação do sistema, resultando em um montante de R\$ 440.439,00.

Sistema Fotovoltaico 02 – Edifício D

No segundo caso, foi disponibilizada uma área de aproximadamente 800 m², representada pelo edifício D, sendo o

telhado composto por telhas de fibrocimento de inclinação praticamente nula. Analogamente ao explicitado no Sistema Fotovoltaico 01, foi adotada uma abordagem conservadora em decorrência de prováveis interferências identificadas na cobertura da edificação, sendo assim definida, para este cenário, uma área útil total disponível de 480 m² para implantação dos painéis.

Semelhante ao empregado no dimensionamento do sistema anterior, foram distribuídas placas solares com dimensões de 217,2 x 130,3 x 3,5 cm (AMERISOLAR, 2021). O arranjo totalizou 150 módulos, ocupando uma área de aproximadamente 420 m². A Tabela 5 apresenta um resumo das informações técnicas do sistema.

Sistema	
Potência de pico	90,75 kWp
Área estimada	420 m ²
Vida útil	25 anos
Módulos	
Potência	605 Wp
Quantidade	150
Eficiência	21,38%
Inversor	
Potência	75 kW
Quantidade	1

Tabela 5– Resumo das informações técnicas dos componentes do sistema (AMERISOLAR, 2021)

A partir da área disponível para instalação do sistema e da média de irradiação solar indicada na Tabela 4, além de considerar a eficiência de conversão (21,38%) e as perdas previstas (20%), causadas principalmente pelo sombreamento e aquecimento dos módulos, obteve-se uma capacidade de produção de energia para esse sistema de 125.596 kWh por ano, indicando uma produção média mensal de 10.466 kWh.

Nesse cenário, por meio de consulta à mesma empresa citada no Sistema Fotovoltaico 01, considerando os serviços de elaboração e execução do projeto elétrico, fornecimento de equipamentos (placas solares, inversor, cabeamento etc.) e instalação do sistema, obteve-se um orçamento com custo total de R\$ 397.098,00.

Análise de Produção versus Consumo de energia

Em média, de acordo com a Tabela 6, a produção de energia elétrica pelos sistemas fotovoltaicos dimensionados tem potencial para suprir 31,42% do consumo de energia ativa dos edifícios A, B e C e cerca de 80,47% do consumo correspondente ao edifício D, com base nos registros disponibilizados, com períodos de maior eficiência durante o verão e de menor eficiência nos meses de inverno, conforme a quantidade de insolação.

Sistema Fotovoltaico 01 - Edif. A, B e C	
Consumo médio mensal de energia ativa das edificações	38.230 kWh/mês
Produção média mensal do sistema fotovoltaico proposto	12.011 kWh/mês
Potencial de suprimento	31,42%
Sistema Fotovoltaico 02 - Edif. D	
Consumo médio mensal de energia ativa da edificação	13.006 kWh/mês
Produção média mensal do sistema fotovoltaico proposto	10.466 kWh/mês
Potencial de suprimento	80,47%

Tabela 6 – Consumo x Produção Média Mensal

Na Tabela 7 são apresentadas as expectativas de economia e valores previstos para as faturas mediante realização do investimento, comparativamente aos valores das faturas de energia elétrica do ano de 2020. Foi estabelecido como base de cálculo para o sistema fotovoltaico o valor de R\$ 0,44 por kWh (LIGHT, 2021), já acrescido dos impostos.

	Valor gasto com consumo de energia em 2020	Valor potencial a ser economizado com o sistema fotovoltaico no 1º ano	Novo valor potencial a ser gasto com consumo de energia
Sistema Fotovoltaico 01 Edif. A, B e C	R\$ 503.893,23	R\$ 63.419,84	R\$ 440.473,39
Sistema Fotovoltaico 02 Edif. D	R\$ 183.276,72	R\$ 55.262,24	R\$ 128.014,48

Tabela 7 – Valores gastos em 2020 e previsão de economia com a implantação dos sistemas fotovoltaicos

Diante do exposto acima, do ponto de vista de redução de consumo energético e economia financeira com as contas de energia, é verificado que a instalação dos sistemas fotovoltaicos acarretaria benefícios consideráveis para a OM.

Análise de Viabilidade Financeira

O planejamento financeiro compreende uma etapa essencial na fundamentação da viabilidade de um projeto, pois consiste, entre outras coisas, na definição dos propósitos que se pretendem atingir e de que forma isso será feito.

Para iniciar a análise de viabilidade, é indispensável conhecer o valor que será preciso investir inicialmente no projeto. Neste estudo,

de acordo com os orçamentos obtidos, foi apontada a necessidade de um montante inicial de R\$ 440.439,00 para o sistema fotovoltaico 01 e de R\$ 397.098,00 para o sistema 02.

Em seguida, define-se a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) desejada para a decisão do investimento, e então calcula-se a viabilidade financeira do projeto por meio do *payback* descontado, TIR e VPL. Os cálculos foram delimitados ao período de 25 anos, que correspondem à vida útil dos painéis fotovoltaicos (DUARTE, 2016).

O cálculo do *payback* mostrou que o investimento inicial será recuperado em aproximadamente oito anos para ambos os sistemas. Considerando a vida útil de 25 anos do sistema, o resultado do *payback* mostrou-se extremamente favorável à elaboração do projeto fotovoltaico em ambos os casos.

A TIR representa a rentabilidade do projeto expressa em termos de taxa de juros composta equivalente à periódica. Ela pode ser: maior que a TMA, o que significa que o investimento é economicamente atrativo; igual à TMA, significando que o investimento está economicamente numa situação de indiferença; ou menor que a TMA, quando o investimento não é economicamente atrativo, pois seu retorno é superado pelo retorno de um investimento com o mínimo de retorno já definido. Neste estudo foi considerada uma TMA de 8% a.a..

A TIR apresentou resultado positivo de aproximadamente 12,8% a.a. para o sistema 01 e de 12,3% para o sistema 02. Em ambos os cálculos foi aplicada uma depreciação anual dos módulos de 3%

já no primeiro ano de uso e mais 0,7% no mesmo período nos anos seguintes (JUNIOR, 2018). Além disso, tendo sido adotada uma abordagem de análise conservadora, manteve-se fixo o valor de R\$ 0,44 por kWh. Observa-se então que o investimento é economicamente atrativo para ambos os casos, uma vez que as TIR foram superiores à TMA adotada.

Com relação ao VPL, que é a medida obtida pela diferença entre o valor presente dos benefícios líquidos de caixa, previstos para cada período do horizonte de duração do projeto, e o valor presente do investimento (desembolso de caixa), os resultados analisados com base nas

propostas comerciais apresentaram um VPL positivo de R\$ 977.484,82 para o sistema fotovoltaico 01 e de R\$ 838.438,58 para sistema 02, dentro do período apurado pelo *payback*, o que demonstra que

ambos os investimentos oferecem rentabilidade, sendo passíveis de aceitação.

CONCLUSÃO

O estudo realizado permitiu mostrar que existe viabilidade financeira para implantação de painéis fotovoltaicos na OM avaliada. Por mais que o investimento inicial seja significativo, provou-se que ele é rentável.

Considerando a vida útil de 25 anos dos painéis fotovoltaicos, ao realizar os cálculos de viabilidade utilizando uma TMA de 8% a.a., obtiveram-se dados bastante animadores em relação ao *payback* descontado, mostrando que o investimento inicial é passível de recupe-

Apesar de significativo, o investimento em gestão energética é rentável por proporcionar economia aos cofres públicos

ração em torno de oito anos para ambos os sistemas. As TIR obtidas, 12,8% e de 12,3% a.a., também mostraram que ambos os investimentos são economicamente atrativos.

Sendo a instituição avaliada um órgão público, esta pesquisa é essencial para auxiliar na elaboração de um projeto fotovoltaico passível de investimento por parte do governo federal, o que acarretaria uma melhora na gestão energética da OM proporcionando uma economia futura aos cofres públicos.

Adicionalmente, a concretização do projeto traria benefícios perceptíveis em

curto prazo, a exemplo do financeiro, por meio da redução do valor da fatura de energia elétrica, além de benefícios ambientais, ao optar e difundir a utilização de uma fonte de energia renovável, garantindo a sustentabilidade energética da instituição.

Salienta-se que os valores orçados foram tomados com base em consulta a empresas de referência no mercado, ratificando a importância dos resultados obtidos de maneira a possibilitar que esta pesquisa subsidie novos projetos em diferentes órgãos dispostos a investir e a adotar medidas de eficiência energética.

📁 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:

<CIÊNCIA E TECNOLOGIA>; Energia; Energia Alternativa; Energia Elétrica; Energia Solar;

<ECONOMIA>; Energia; Energia Elétrica; Energia Solar;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTOÉ, L.; Ribeiro, L. G. E. “Estudo de Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos Residenciais em Diferentes Regiões do Brasil”. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 12, nº 4, Dez/2020. ISSN 2176-7270.
- AMERISOLAR. Datasheet: AS-8M120-HC 580W ~ 605W. Monocrystalline Module. Eletronic Publication, 2021.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Brasília: *Diário Oficial da União*, 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. Brasília: *Diário Oficial da União*, 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2018. Geração Distribuída. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>. Acesso em: 28 nov. de 2021.
- ASSAF NETO, Alexandre. *Finanças corporativas e valor*. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- BERMANN, C. “Impasses e controvérsias da hidreletricidade”. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 21, n. 59, pp. 139-153, jan./abr. 2007. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10211>. Acesso em: 11 dez. 2021.
- BASSO, J. D.; CESTARI, M. S. *Energia Solar Fotovoltaica, sua expansão e a utilização das políticas públicas*. Porto Alegre: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, 2021.

- CARLO, A. D.; LAMANNA, E.; NIA, N. Y. “Photovoltaics”. Joint EPS-SIF International School on Energy, 2019. EPJ Web of Conferences 246, 00005 (2020). Disponível em: <https://doi.org/10.1051/epjconf/202024600005>.
- CASSA, C. V. L.; RODRIGUES, G. C.; PEIXOTO, V. D. S.; BERMINI, D. S. D. Análise da expansão da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. *Revista Esfera Tecnologia*, v. 5, nº 1, 2019.
- CASTRO, N.; DANTAS, G. *Experiências Internacionais em Geração Distribuída: Motivações, Impactos e Ajustes*. Rio de Janeiro: Publit, 2018. 442 p. ISBN: 978-85-525-0068-1.
- CONFAZ – CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA. Convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015. Brasília: Diário Oficial da União, 2015. Disponível em: https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/CV016_15. Acesso em: 28 nov. 2021.
- CRESESB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO, 2018. “Potencial Solar”. Disponível em: <http://cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 11 dez. 2021
- DUARTE, A. P. B. S. “Geração de Energia Elétrica através de Sistemas Fotovoltaicos para pequenos consumidores”. (TCC – Graduação) Vassouras: Universidade de Vassouras.
- HCC ENGENHARIA. “Duração de um painel de energia solar”. Disponível em: <http://hccengenharia.com.br/quanto-tempo-dura-um-painel-de-energia-solar-descubra-aqui>>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. “Mapa Solar do Estado do Rio de Janeiro”. Disponível em: <https://pcrj.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=029ccb875ca24c209a8572e70a4b6b19>. Acesso em: 28 nov. 2021.
- EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. “Balanço Energético Nacional – Relatório 2021 – Ano base 2020”. EPE, 2021.
- JUNGBLUTH, N.; STUCKI, M.; FRISCHKNECHT, R. “Photovoltaics”, Part. XII. In DONES, R. (Ed.) *et al., Sachbilanzen von Energiesystemen: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystem und den Einbezug von Energiesystem in Ökobilanzen für die Schweiz. Ecoinvent, report nº 6-XII*, Dübendorf, CH: Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2009.
- LIGHT. “Composição da Tarifa”. Disponível em: http://www.light.com.br/Repositorio/Entenda%20sua%20conta/tarifa_media_horosazonal_verde.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2021.
- LIGHT. “Microgeração e Minigerção”. Disponível em: <https://agenciavirtual1.light.com.br/formularios/EnergiaAlternativa/Index>. Acesso em: 26 nov. 2021.
- MINISTÉRIO DA FAZENDA. LEI nº 12.431, de 24 de junho de 2011.
- MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL. LEI nº 11.488, de 15 de junho de 2007.
- PEREIRA, E. B; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L. de; RÜTHER, R. *Atlas Brasileiro de Energia Solar*. São José dos Campos: INPE, 2006.
- SANTOS, R. M.; RODRIGUES, M. S.; CARNIELLO, M. F. “Energia e Sustentabilidade: Panorama da Matriz Energética Brasileira”. *Revista Scientia*, Salvador, v. 6, n. 1, pp. 13-33, jan./abr. 2021. ISSN 2525-4553.
- SOETHE, G. C.; BLANCHET, L. A. “Geração distribuída e desenvolvimento sustentável”. A&C – R. de Dir. Adm. Const. Belo Horizonte, ano 20, nº 79, pp. 233-257, jan./mar. 2020. DOI: 10.21056/aec.v20i79.