

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA EM SALVADOR.

Márcia Andréa Rosas Luna, marcia.luna@rocketmail.com¹

Ednildo Andrade Torres, ednildo@ufba.br¹

¹Universidade Federal da Bahia, Rua Prof. Aristides Novis, 2- Federação, Salvador- BA, 40210.630.

Resumo: A matriz energética mundial é diversificada, mas ainda há predominância de combustíveis não renováveis em torno de 87% do total consumido. No entanto, devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento tecnológico e industrial, haverá consequentemente um aumento na demanda de energia e, decorrente da regulação ambiental, será necessária a busca por outras fontes energéticas alternativas. Dentre essas, destaca-se a energia solar fotovoltaica, por possibilitar a geração de forma limpa e descentralizada. O Brasil está localizado na zona intertropical, registrando altos índices de irradiação solar durante todo o ano, em comparação com países que fazem uso desta tecnologia, o que o torna um lugar propício para seu uso. Neste contexto, este estudo objetivou a análise da viabilidade técnica e econômica da instalação de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica, enquadrado como microgeração, da ordem de 20 kWp de energia elétrica sob regime de compensação de energia, como alternativa para redução de custos e diversificação energética em um Lar dos Idosos para três cenários de valores de investimentos, conforme valores de mercado: 1º cenário seria de valor mais elevado; 2º cenário seria de valor intermediário; 3º cenário seria de valor mais baixo. Como resultados obtidos, constatou-se que o sistema fotovoltaico teria viabilidade econômico-financeira nos três cenários, sendo que: no 1º cenário o payback simples seria de 7 anos e o payback descontado seria de 13 anos; no 2º cenário o payback simples seria de 7 anos e o payback descontado seria de 11 anos; no 3º cenário o payback simples seria de 6 anos e o payback descontado seria de 9 anos; ou seja, todos abaixo dos 25 anos de vida útil do sistema. A economia mensal prevista seria de R\$ 1.442,21 na conta de energia do Lar para Idoso.

Palavras-chave: Viabilidade técnica e econômica, Energia solar fotovoltaica, Lar dos Idosos.

1. INTRODUÇÃO

Dentre as energias alternativas que vêm apresentando um efetivo crescimento mundial nas últimas décadas, está a energia solar fotovoltaica, por possibilitar a geração de energia elétrica de forma distribuída, não necessitando, portanto, de extensas linhas de transmissão e distribuição, por ser uma fonte silenciosa, que possibilita a instalação de sistemas de diferentes potências e ainda por integrar-se a edificações no meio urbano, sem necessitar de áreas extras para sua instalação (RUTHER, 2005).

O interesse da sociedade pela energia solar fotovoltaica vem aumentando principalmente após a Resolução Normativa (REN) 482/2012 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e pelo potencial solar existente para geração no país. A REN N° 482/2012 editada pela ANEEL pode ser considerada o marco regulatório inicial da geração distribuída (GD) no Brasil, pois ela estabeleceu o sistema de compensação de energia elétrica (*Net metering*) e as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica (ANEEL, 2012).

Em 2015 a ANEEL aprova a REN N° 687/2015 que alterou a REN N° 482/2012, os Módulos 1 e 3 do PRODIST (Procedimentos de Distribuição), definiu o autoconsumo remoto, quando a quantidade de energia gerada em um dado mês for superior à energia consumida naquele mês, o consumidor fica com créditos e o prazo de validade dos créditos passou de 36 para 60 meses, sendo que eles também podem ser usados para abater o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular do Cadastro de Pessoa Física (CPF)/Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) situadas em outro local, desde que estivesse na área de atendimento da mesma distribuidora e criou o conceito de geração compartilhada, que consiste na reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoas físicas ou jurídicas, que possuam unidades consumidoras com micro ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada (SANTOS *et al.*, 2017).

O principal obstáculo para a inserção da energia solar fotovoltaica distribuída em unidades consumidoras, principalmente residenciais e comerciais de pequeno porte, consiste no alto investimento inicial associado à aquisição dos sistemas de geração (NASCIMENTO, 2017).

Apesar de bancos oficiais oferecerem linhas atrativas de financiamento para empreendimentos de maior porte, os custos de investimento em sistemas de energia fotovoltaica ainda são muito altos no Brasil, por vezes inviabilizando a utilização dos mesmos por que os financiamentos não ocorrem com empreendimentos de pequeno porte, especialmente aqueles implantados por pessoas físicas. Nesse sentido, seria recomendável a criação, pelos bancos oficiais, de linhas de crédito com condições favoráveis para financiamento da aquisição de sistemas de geração solar fotovoltaica (NASCIMENTO, 2017).

O preço e a viabilidade de uma fonte energética dependem muito da implementação de políticas públicas, de incentivos, de crédito com baixos juros e de redução de impostos. Por outro lado, a geração descentralizada, aquela gerada pelos sistemas instalados nos telhados das residências, praticamente não recebe nenhum apoio e consideração governamental. Fica evidente que persistem obstáculos para uma maior participação da energia solar fotovoltaica na matriz energética brasileira e para transpor alguns obstáculos, são necessárias políticas públicas voltadas ao incentivo da energia solar, com a criação, pelos bancos oficiais, de linhas de crédito para financiamento com juros baixos, redução de impostos tanto para os equipamentos como para a energia gerada e mais informação através de propaganda institucional sobre os benefícios e as vantagens da tecnologia solar fotovoltaica (CARTA CAPITAL, 2015).

O presente trabalho tem por objetivo realizar um estudo de caso de análise de viabilidade técnica e econômica da energia solar fotovoltaica para geração distribuída (GD) como alternativa para redução de custos e diversificação energética no Lar dos Idosos da Fundação Lar Harmonia (FLH).

2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Foi realizado um estudo técnico do levantamento das cargas elétricas previstas para o funcionamento da clínica para idosos, bem como para os quartos onde futuramente irão residir. Para a análise técnica avaliou-se a área disponibilizada para o dimensionamento da instalação do sistema fotovoltaico. Em seguida, calculou-se o nível anual de irradiação solar do local, estimou-se a energia gerada anualmente pelo sistema fotovoltaico e foram quantificados e especificados os módulos e inversores. Para a análise da viabilidade econômica do projeto foram utilizados os dados referentes à economia produzida pelo sistema junto aos custos de equipamentos e manutenção dos mesmos. Em seguida, foram utilizados métodos determinísticos na avaliação do projeto, dentre os quais: *payback* simples e descontado, o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR). Portanto, foi realizada uma pesquisa exploratória, por meio de estudo de caso no Lar dos Idosos da FLH, localizado na cidade de Salvador, Bahia.

2.1. Estudo de Caso

O Lar dos Idosos da FLH é uma organização não governamental e tem como objetivo principal proporcionar aos idosos um espaço de moradia e convivência com integração social para que possam exercer sua cidadania de forma participativa e autônoma. O Lar dos Idosos está localizado na Rua Deputado Paulo Jackson, nº 100, Piatã, Salvador-BA nas coordenadas 12° 94' 52" S e 38° 26' 47" W, e é formado por dois blocos, conforme a Figura 1, que totalizam 1.500m² de área construída. O Bloco 1, denominado de Lar para idosos é composto por nove apartamentos com capacidade para acomodar 27 idosos e o Bloco 2 denominado de Centro de Convivência é composto de clínica de fisioterapia e atendimento a sequelas de AVC.

Figura 1. Vista aérea do Lar dos Idosos da FLH, Salvador-BA, obtida via Google Earth (25/03/2017).



2.2. Considerações iniciais

A introdução de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica (enquadrado como microgeração) no lar de idosos FLH desponta como alternativa para redução de custos e diversificação energética no lar de idosos.

Os cálculos da geração de energia são realizados com base nas informações coletadas no próprio lar de idosos, e entre eles, está a receita. Esta se refere aos ganhos, em reais, que se obtém com a introdução no sistema. No caso concreto, sabe-se que a energia consumida pelo lar de idosos é fornecida pela Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA). Após analisar a fatura de energia elétrica do local, bem como a tarifa da eletricidade cobrada pela concessionária no GRUPO B3 COMERCIAL, incluindo o imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (ICMS), o programa de integração social (PIS) e contribuição para o financiamento da seguridade social (COFINS), foi possível

perceber que o valor do kWh a ser pago pelo lar para a fornecedora é de R\$ 0,64. Esta cobrança é referente à utilização da rede da empresa e transporte da energia entre a geração e o consumidor final.

Portanto, o ganho/receita refere-se à economia obtida considerando um custo de R\$ 0,64/kWh e a possibilidade de geração média mensal do sistema proposto de 2.253,46 kWh, sendo possível economizar mensalmente R\$ 1.442,21 e anualmente R\$ 17.306,57. O lar deixa de desembolsar R\$ 17.306,57 (referente ao ano 1) no pagamento da conta de energia à concessionária. Assim, no fluxo de caixa, o nome receita significa economia de energia em R\$ 17.306,57.

Neste estudo, considerou-se a depreciação anual do equipamento e, conseqüentemente, perda na geração no valor de 1% da receita, daí que os valores anuais são decrescentes.

Em termos de análise econômica, um projeto pode ser considerado “viável” quando sua TIR for maior que a sua Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Quando a TIR é menor que a TMA, o projeto é considerado inviável, e, normalmente, é rejeitado. Os VPL são as projeções de fluxo de caixa futuros trazidos para valor presente. Sendo um número positivo, financeiramente o projeto torna-se viável. Quanto maior o VPL, melhor para o projeto.

No presente estudo, determinou-se uma TMA de 10%. Essa taxa corresponde ao mínimo que o investidor se propõe a ganhar, ou seja, ela foi a taxa de juros utilizada como referência para o cálculo do VPL. Para o projeto ser considerado viável, a TIR deve ser maior que 10%.

O *payback* mostra quanto tempo demora para o lucro acumulado se igualar ao investimento realizado. Quanto menor o prazo, melhor para o investidor. A lucratividade indica se o projeto gera lucro e o ROI mede os rendimentos obtidos a partir de uma determinada quantia de recursos investidos.

O Lar assumirá integralmente o investimento previsto e a análise faz o comparativo com a TMA ou taxa de desconto do mercado. Em relação ao investimento previsto, três cenários serão considerados, refletindo as condições atuais do custo global de mercado do projeto a ser implantado:

- Cenário 1: Um investimento mais elevado, R\$ 110.000,00;
- Cenário 2: Um investimento intermediário, de R\$ 100.100,00, sendo 9% abaixo do mais elevado;
- Cenário 3: Um investimento mais baixo, de R\$ 90.200,00, sendo 18% abaixo do mais elevado.

2.3. Avaliação Técnica

2.3.1. Avaliação do Recurso Solar disponível no Local do Estudo

Essa fase quantificou a irradiação solar global incidente sobre os módulos fotovoltaicos. Um gerador fotovoltaico tem suas características elétricas dependentes basicamente da irradiância e temperatura dos módulos. O valor acumulado de energia solar ao longo do dia, Horas de Sol Pleno (HSP) é o número de horas em que a irradiância solar deve permanecer constante e igual a 1 kW/m², de forma que a energia resultante seja equivalente à energia disponibilizada pela energia do sol no local, acumulada ao longo de um dia (CRESESB, 2004).

Os dados de irradiação solar média do local, mostrados na Tabela 1 foram obtidos a partir do banco de dados SunData do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB, 2017).

Tabela 1. Irradiação Solar no Plano Inclinado, segundo CRESESB (2017).

Local: Lar FLH- Salvador/ Ba			Latitude: 12° 94' 52" S Longitude: 38° 26' 47" O											
Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/ m2.dia]												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Plano Horizontal	0° N	6,5	6,33	5,5	4,25	3,97	3,53	4,03	5,14	5,06	5,67	6,53	6,75	5,27
Ângulo igual a latitude	13° N	6,03	6,09	5,53	4,46	4,36	3,94	4,49	5,56	5,18	5,53	6,11	6,19	5,29
Maior média anual	8° N	6,24	6,21	5,54	4,4	4,23	3,8	4,33	5,42	5,16	5,61	6,3	6,43	5,31
Maior mínimo mensal	33° N	4,95	5,29	5,17	4,48	4,63	4,28	4,86	5,78	4,99	4,94	5,08	4,98	4,95

2.3.2. Área Disponibilizada para o Estudo

O local disponibilizado para estudo foi a laje da cobertura do Bloco 2. A mesma é 100% plana, impermeabilizada e voltada para o norte geográfico com incidência de irradiação solar na maior parte do dia. Este local está dividido em área 1 e área 2, totalizando 163,30m².

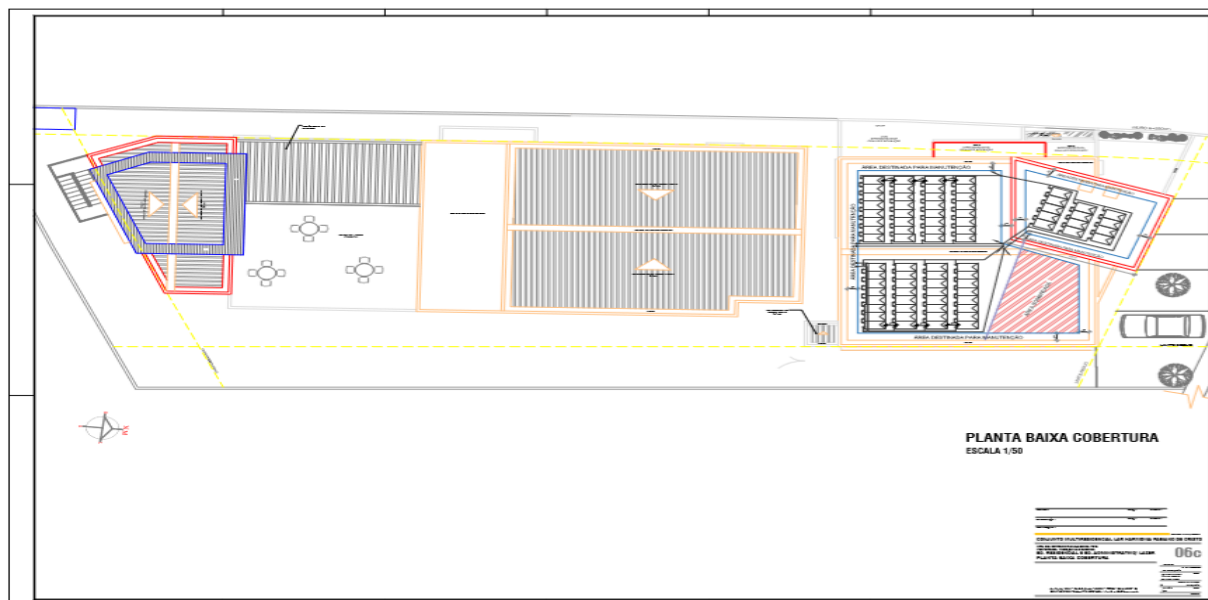
A área 1 é completamente livre de sombreamento com 36,45m² estando a uma altura de 4,56m em relação a área 2. Já a área 2 tem 126,85m² e possui regiões sombreadas devido à altura da área 1, o que reduz a capacidade de geração dos módulos fotovoltaicos prejudicando o desempenho do sistema. Devido à altura da área 1, fez-se necessária uma análise do sombreamento projetado na área 2, para evitar a instalação dos módulos nas regiões sombreadas por períodos durante o dia. Na análise de sombreamento foram realizadas 11 medições manuais, das 7:00h às 17:00h, entre os dias 21 e 30, nos meses de março, junho, setembro e dezembro de 2017.

Após a comparação dos dados obtidos e considerando como área sombreada, a região que é atingida pela sombra da área 1 no período das 9h às 15h, a área sombreada totalizou 32,85m², portanto a área 2 destinada para instalação do sistema solar passou a ser de 94m² (INEE, 2016).

Além da área do sombreamento durante o horário assumido, ainda foi atribuído um recuo de 0,5m² nas áreas 1 e 2, para ser utilizado durante a manutenção do sistema, sendo 2m² para área 1 e 2m² para área 2, totalizando assim em 4m².

A Figura 2 apresenta o sombreamento gerado pela área 1 sobre a área 2 que totalizada uma perda de 32,85m, os recuos para serem utilizados durante a manutenção, totalizando 4m² e a disposição dos 77 módulos fotovoltaicos nas áreas 1 e 2 que totalizaram uma área de 126,45m².

Figura 2. Planta baixa-cobertura do Lar dos Idosos da FLH.



2.3.3. Levantamento das Cargas Elétricas

Realizou-se o levantamento de cargas elétricas, totalizando 142.431 W conforme a Tabela 2. A solução proposta para o suprimento de eletricidade a ser atendida será uma demanda total de 104.137 VA, inserindo a edificação no GRUPO B3 COMERCIAL pela COELBA. A tarifa elétrica para o consumo ativo (kWh) e consumo reativo excedente (kVar) considerada para este grupo é de R\$ 0,64 e R\$ 0,31 respectivamente, já incluído PIS, COFINS e ICMS (COELBA, 2017).

Tabela 2. Levantamento de cargas do FLH- Bloco1 e 2.

CÁLCULO DE CARGA INSTALADA			
CARGA INSTALADA BLOCO 01 - Residência de Idosos			
CARGAS	UND.	POTÊNCIA(W)	POTÊNCIA TOTAL(W)
ILUMINAÇÃO E TOMADAS (QDLF-A)	5	5.066 W	25.330 W
ILUMINAÇÃO E TOMADAS (QDLF-B)	1	6.829 W	6.829 W
ILUMINAÇÃO E TOMADAS (QDLF-H)	1	6.352 W	6.352 W
ILUMINAÇÃO E TOMADAS (QDLF-I)	1	6.266 W	6.266 W
AQUECEDOR (QDLF-E)	4	1.500 W	6.000 W
CHUVEIRO (QDLF-E)	1	6.000 W	6.000 W
UNID. COND. SPLIT 30.000BTU's (QDLF-F)	3	2.900 W	8.700 W
UNID. COND. SPLIT 12.000BTU's (QDLF-F)	2	1.190 W	2.380 W
MOTOBOMBA APH-3 (QDLF-E)	1	740 W	740 W
BOMBA PF-17 (QDLF-E)	1	1.110 W	1.110 W
BOMBA DE RECALQUE - 2CV (QDLF-E)	1	1.970 W	1.970 W
MOTOR PORTÃO DZ NANO 36 (QDLF-E)	1	185 W	185 W
ELEVADOR - 4CV (QDLF-F)	1	3.660 W	3.660 W
TOTAL			75.506 W
CÁLCULO DE CARGA INSTALADA			
CARGA INSTALADA BLOCO 02 - Fisioterapia de Sequelados de AVC			
CARGAS	UND.	POTÊNCIA(W)	POTÊNCIA TOTAL(W)
ILUMINAÇÃO E TOMADAS (QDLF-C)	1	10.901 W	10.901 W
ILUMINAÇÃO E TOMADAS (QDLF-D)	3	4.788 W	14.364 W
COOKTOP (QDLF-G)	1	3.200 W	3.200 W
UNID. COND. SPLIT 30.000BTU's (QDLF-G)	12	2.900 W	34.800 W
ELEVADOR - 4CV (QDLF-G)	1	3.660 W	3.660 W
TOTAL			66.925 W
TOTAL BLOCO 01 E BLOCO 02			142.431 W

2.3.4. Cálculo dos Módulos Fotovoltaicos

O cálculo dos módulos fotovoltaicos foi feito em função de dois fatores: área disponível para instalação do sistema; e área do módulo fotovoltaico.

A Tabela 3 apresenta a configuração do modelo do módulo fotovoltaico.

Tabela 3. Configuração de Módulo Fotovoltaico.

Tecnologia	Eficiência	Área	Potência Nominal	Tensão Nominal	Corrente Nominal	Corrente de Curto-circuito	Tensão de Circuito-aberto
			(P _{mpp})	(U _{mpp})	(I _{mpp})	(I _{sc})	(U _{oc})
Policristalino	15,98%	1,64m	260Wp	30,92V	8,43 A	9,01 A	38,0V

O cálculo do número de módulos foi realizado através da Eq. (1), a partir da área disponível para instalação e da área do módulo.

$$N = A_{\text{Disp}} / A_{\text{Mód.}} \quad (1)$$

Onde:

N: número de módulos fotovoltaicos;

A_{Disp}: Área disponível para instalação, em m²;

A_{Mód}: Área do módulo fotovoltaico, em m².

Assim:

$N = 126,45 \text{ m}^2 / 1,63 \text{ m}^2 = 77,6 = 77$ módulos de 260 Wp (Obs.: Serão adotados 77 módulos por conta de restrições físicas da área disponível no teto da edificação.).

2.3.5. Cálculo da Estimativa de Energia a ser Produzida Pelo Gerador Fotovoltaico

A Equação (2) calcula a potência nominal do gerador fotovoltaico.

$$P_{\text{NomG}} = N * P_{\text{NomM}} \quad (2)$$

Onde:

O cálculo do número de módulos foi realizado através da Eq. (1), a partir da área disponível para instalação e da área do módulo.

N: número de módulos fotovoltaicos;

P_{NomM}: Potência nominal do módulo, em Wp.

Assim:

$$P_{\text{NomG}} = 77 * 260 \text{ Wp} = 20,02 \text{ kWp}$$

A Equação (3) calcula a energia estimada, que será produzida em kWh e será usada para montar a tabela 3.

$$E_{\text{Ger}} = P_{\text{NomG}} * \text{HSP} * \eta_{\text{cc/ca}} \quad (3)$$

Onde:

E_{Ger}: Energia estimada produzida pelo gerador fotovoltaico, em kWh

P_{NomG}: Potência nominal do gerador, em kWp;

HSP: Número de Horas de Sol Pleno em média diária (6 horas) a uma intensidade de 1.000W/m², em horas;

$\eta_{\text{cc/ca}}$: Rendimento do inversor de cc para ca.

Tabela 4. Cálculo mensal da estimativa de energia que será produzida pelo sistema fotovoltaico de 20,02 kWp.

Mês	Dias	Potência Instalada	Irradiação Solar	Rendimento do Inversor	Estimativa Mensal Produzida
		kWp	kWh/m ²	70%	kWh
Jan	31	20,02	6,03	0,7	2.619,64
Fev	28	20,02	6,09	0,7	2.389,67
Mar	31	20,02	5,53	0,7	2.402,42
Abr	30	20,02	4,46	0,7	1.875,07
Mai	31	20,02	4,36	0,7	1.894,13
Jun	30	20,02	3,94	0,7	1.656,45
Jul	31	20,02	4,49	0,7	1.950,61
Ago	31	20,02	5,56	0,7	2.415,45
Set	30	20,02	5,18	0,7	2.177,78
Out	31	20,02	5,53	0,7	2.402,42
Nov	30	20,02	6,11	0,7	2.568,77
Dez	31	20,02	6,19	0,7	2.689,15
Total					27.041,55

Com dados relativos ao número de módulos, potência nominal do gerador fotovoltaico, irradiação solar média de Salvador- BA para um plano inclinado de 13° e, tomando como base que o rendimento do inversor seja 70%, calculou-se quanto o sistema fotovoltaico irá produzir de energia durante um ano (VILLAVA, 2012).

Conforme Tabela 4., o gerador fotovoltaico com potência nominal de 20,02 kWp, produzirá anualmente 27.041,55 kWh, mensalmente 2.253,46 kWh e diariamente 75,11 kWh/dia.

2.3.6. Considerações para as Análises Econômicas e de Viabilidade

Para tal avaliação, serão utilizados conceitos de matemática financeira e apresentados os seguintes índices: Fluxo de caixa, Lucratividade, Ponto de Equilíbrio, VPL, Retorno sobre o Investimento (ROI), TIR e o tempos de retorno sobre o investimento (*Payback simples e descontado*).

Para a avaliação proposta, é necessária a identificação dos parâmetros gerais da geração de energia:

- Área disponível para instalação do sistema: 126,45m²;
- Quantidade de placas fotovoltaicas dispostas em 126,45m²: 77 módulos de 260 Wp;
- Potência instalada do gerador de energia solar: 20,02 kWp;
- Vida útil do sistema: 25 anos;
- Tarifa da eletricidade cobrada pela COELBA GRUPO B3 (incluso ICMS, PIS e COFINS): R\$ 0,64;
- Valor economizado no Período (mês): 2.253,46 kWh x 0,64 R\$/kWh = R\$ 1.442,21;
- Valor economizado no Período Receita (Ano 1): R\$ 1.442,21 x 12 meses = R\$ 17.306,57;
- Perda anual de eficiência dos equipamentos: 1% do valor de receita gerado;
- Suporte técnico: 1% do valor da receita por mês, contado a partir do 11º ano da instalação;
- Custo anual de manutenção (fixo): R\$ 480,00;
- TMA: 10%;
- Depreciação: considerou-se a depreciação linear. Contando a vida útil do sistema em 25 anos, a depreciação será de 1% ao ano, sem valor residual.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise de viabilidade, os três cenários avaliados, constatou-se que:

- Os índices de lucratividade observados para os três cenários através dos fluxos de caixa (Tabs. 6., 8. e 10) foram acima de 84%, significando que o projeto demonstra alta capacidade de geração de lucro;
- Nos três cenários, o ganho obtido com a introdução do sistema é de R\$ 346.231,09 ao longo dos 25 anos de vida útil do projeto.

3.1. Cenário 1

Os fluxos de caixa e payback do cenário 1 (investimento de R\$ 110.000,00) são apresentados nas Tabs. 5. e 6.

Tabela 5. Fluxo de Caixa e Payback Simples e Descontado do Cenário 1.

Período	Fluxos de caixa anuais		Payback	Fluxo Descontado	Payback Descontado
0	Ano 0	-R\$ 110.000,00	-R\$ 110.000,00	-R\$ 110.000,00	-R\$ 110.000,00
1	Ano 1	R\$ 16.826,57	-R\$ 93.173,43	R\$ 15.296,88	-R\$ 94.703,12
2	Ano 2	R\$ 16.653,51	-R\$ 76.519,92	R\$ 13.763,23	-R\$ 80.939,89
3	Ano 3	R\$ 16.482,17	-R\$ 60.037,75	R\$ 12.383,30	-R\$ 68.556,59
4	Ano 4	R\$ 16.312,55	-R\$ 43.725,20	R\$ 11.141,69	-R\$ 57.414,90
5	Ano 5	R\$ 16.144,62	-R\$ 27.580,57	R\$ 10.024,54	-R\$ 47.390,35
6	Ano 6	R\$ 15.978,38	-R\$ 11.602,19	R\$ 9.019,38	-R\$ 38.370,98
7	Ano 7	R\$ 15.813,79	R\$ 4.211,60	R\$ 8.114,98	-R\$ 30.256,00
8	Ano 8	R\$ 15.650,86	R\$ 19.862,46	R\$ 7.301,24	-R\$ 22.954,76
9	Ano 9	R\$ 15.489,55	R\$ 35.352,01	R\$ 6.569,08	-R\$ 16.385,68
10	Ano 10	R\$ 15.329,85	R\$ 50.681,86	R\$ 5.910,32	-R\$ 10.475,36
11	Ano 11	R\$ 13.293,54	R\$ 63.975,40	R\$ 4.659,31	-R\$ 5.816,05
12	Ano 12	R\$ 13.155,81	R\$ 77.131,21	R\$ 4.191,85	-R\$ 1.624,20
13	Ano 13	R\$ 13.019,45	R\$ 90.150,66	R\$ 3.771,27	R\$ 2.147,07
14	Ano 14	R\$ 12.884,46	R\$ 103.035,12	R\$ 3.392,88	R\$ 5.539,95
15	Ano 15	R\$ 12.750,81	R\$ 115.785,93	R\$ 3.052,44	R\$ 8.592,39
16	Ano 16	R\$ 12.618,50	R\$ 128.404,43	R\$ 2.746,15	R\$ 11.338,54
17	Ano 17	R\$ 12.487,52	R\$ 140.891,95	R\$ 2.470,59	R\$ 13.809,13
18	Ano 18	R\$ 12.357,84	R\$ 153.249,79	R\$ 2.222,67	R\$ 16.031,80
19	Ano 19	R\$ 12.229,46	R\$ 165.479,26	R\$ 1.999,62	R\$ 18.031,41
20	Ano 20	R\$ 12.102,37	R\$ 177.581,62	R\$ 1.798,94	R\$ 19.830,35
21	Ano 21	R\$ 11.976,55	R\$ 189.558,17	R\$ 1.618,40	R\$ 21.448,75
22	Ano 22	R\$ 11.851,98	R\$ 201.410,15	R\$ 1.455,97	R\$ 22.904,72
23	Ano 23	R\$ 11.728,66	R\$ 213.138,81	R\$ 1.309,84	R\$ 24.214,56
24	Ano 24	R\$ 11.606,57	R\$ 224.745,39	R\$ 1.178,36	R\$ 25.392,92
25	Ano 25	R\$ 11.485,71	R\$ 236.231,09	R\$ 1.060,08	R\$ 26.453,00

Tabela 6. Fluxo de caixa cenário 1.

Cenário 1									
Ano	0	1	2	3	4	...	25		
Receita Bruta	-R\$ 110.000,00	R\$ 17.306,57	R\$ 17.133,51	R\$ 16.962,17	R\$ 16.792,55	...	R\$ 13.597,40		
Impostos	0		R\$ -	R\$ -	R\$ -	...	R\$ -		
Receita Líquida		R\$ 17.306,57	R\$ 17.133,51	R\$ 16.962,17	R\$ 16.792,55	...	R\$ 13.597,40		
Custo Variável (Sup. Técnico)		R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	...	R\$ 1.631,69		
Depreciação		R\$ 4.400,00	R\$ 4.400,00	R\$ 4.400,00	R\$ 4.400,00	...	R\$ 4.400,00		
Lucro bruto		R\$ 12.906,57	R\$ 12.733,51	R\$ 12.562,17	R\$ 12.392,55	...	R\$ 7.565,71		
Custo Fixo / Manutenção		R\$ 480,00	R\$ 480,00	R\$ 480,00	R\$ 480,00	...	R\$ 480,00		
Depreciação		R\$ 4.400,00	R\$ 4.400,00	R\$ 4.400,00	R\$ 4.400,00	...	R\$ 4.400,00		

Na Tabela 5., o VPL foi de R\$ 26.453,00 ao final do vigésimo quinto ano, viabilizando o investimento no projeto.

Na análise do projeto, a TIR encontrada foi de 13%; O payback simples foi de 7 anos e o payback descontado foi de 13 anos, observados na Tab. 5., reforçando a viabilidade do projeto.

Com investimento de R\$ 110.000,00, o ROI foi de 2,2. Isso significa que o retorno foi de 2,2 vezes o investimento inicial. Já a rentabilidade no ano 1 foi de 15,3%, indicando este percentual de retorno no investimento de R\$ 110.000,00, observados na Tab. 11.

3.2. Cenário 2

Os fluxos de caixa e payback do cenário 2 (investimento de R\$ 100.100,00) são apresentados nas Tabs. 7. e 8.

Tabela 7. Fluxo de Caixa e Payback Simples e Descontado do Cenário 2.

Período	Fluxos de caixa anuais		Payback Simples	Fluxo Descontado	Payback Descontado
0	Ano 0	-R\$ 100.100,00	-R\$ 100.100,00	-R\$ 100.100,00	-R\$ 100.100,00
1	Ano 1	R\$ 16.826,57	-R\$ 83.273,43	R\$ 15.296,88	-R\$ 84.803,12
2	Ano 2	R\$ 16.653,51	-R\$ 66.619,92	R\$ 13.763,23	-R\$ 71.039,89
3	Ano 3	R\$ 16.482,17	-R\$ 50.137,75	R\$ 12.383,30	-R\$ 58.656,59
4	Ano 4	R\$ 16.312,55	-R\$ 33.825,20	R\$ 11.141,69	-R\$ 47.514,90
5	Ano 5	R\$ 16.144,62	-R\$ 17.680,57	R\$ 10.024,54	-R\$ 37.490,35
6	Ano 6	R\$ 15.978,38	-R\$ 1.702,19	R\$ 9.019,38	-R\$ 28.470,98
7	Ano 7	R\$ 15.813,79	R\$ 14.111,60	R\$ 8.114,98	-R\$ 20.356,00
8	Ano 8	R\$ 15.650,86	R\$ 29.762,46	R\$ 7.301,24	-R\$ 13.054,76
9	Ano 9	R\$ 15.489,55	R\$ 45.252,01	R\$ 6.569,08	-R\$ 6.485,68
10	Ano 10	R\$ 15.329,85	R\$ 60.581,86	R\$ 5.910,32	-R\$ 575,36
11	Ano 11	R\$ 13.293,54	R\$ 73.875,40	R\$ 4.659,31	R\$ 4.083,95
12	Ano 12	R\$ 13.155,81	R\$ 87.031,21	R\$ 4.191,85	R\$ 8.275,80
13	Ano 13	R\$ 13.019,45	R\$ 100.050,66	R\$ 3.771,27	R\$ 12.047,07
14	Ano 14	R\$ 12.884,46	R\$ 112.935,12	R\$ 3.392,88	R\$ 15.439,95
15	Ano 15	R\$ 12.750,81	R\$ 125.685,93	R\$ 3.052,44	R\$ 18.492,39
16	Ano 16	R\$ 12.618,50	R\$ 138.304,43	R\$ 2.746,15	R\$ 21.238,54
17	Ano 17	R\$ 12.487,52	R\$ 150.791,95	R\$ 2.470,59	R\$ 23.709,13
18	Ano 18	R\$ 12.357,84	R\$ 163.149,79	R\$ 2.222,67	R\$ 25.931,80
19	Ano 19	R\$ 12.229,46	R\$ 175.379,26	R\$ 1.999,62	R\$ 27.931,41
20	Ano 20	R\$ 12.102,37	R\$ 187.481,62	R\$ 1.798,94	R\$ 29.730,35
21	Ano 21	R\$ 11.976,55	R\$ 199.458,17	R\$ 1.618,40	R\$ 31.348,75
22	Ano 22	R\$ 11.851,98	R\$ 211.310,15	R\$ 1.455,97	R\$ 32.804,72
23	Ano 23	R\$ 11.728,66	R\$ 223.038,81	R\$ 1.309,84	R\$ 34.114,56
24	Ano 24	R\$ 11.606,57	R\$ 234.645,39	R\$ 1.178,36	R\$ 35.292,92
25	Ano 25	R\$ 11.485,71	R\$ 246.131,09	R\$ 1.060,08	R\$ 36.353,00

Tabela 8. Fluxo de caixa cenário 2.

Cenário 2									
Ano	0	1	2	3	4	...	25		
Receita Bruta	-R\$ 100.100,00	R\$ 17.306,57	R\$ 17.133,51	R\$ 16.962,17	R\$ 16.792,55	...	R\$ 13.597,40		
Impostos	0	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	...	R\$ -		
Receita Líquida		R\$ 17.306,57	R\$ 17.133,51	R\$ 16.962,17	R\$ 16.792,55	...	R\$ 13.597,40		
Custo Variável (Sup. Técnico)		R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	...	R\$ 1.631,69		
Depreciação		R\$ 4.004,00	R\$ 4.004,00	R\$ 4.004,00	R\$ 4.004,00	...	R\$ 4.004,00		
Lucro bruto		R\$ 13.302,57	R\$ 13.129,51	R\$ 12.958,17	R\$ 12.788,55	...	R\$ 7.961,71		
Custo Fixo / Manutenção		R\$ 480,00	R\$ 480,00	R\$ 480,00	R\$ 480,00	...	R\$ 480,00		
Depreciação		R\$ 4.004,00	R\$ 4.004,00	R\$ 4.004,00	R\$ 4.004,00	...	R\$ 4.004,00		

Neste cenário, o VPL também foi um número positivo, no valor de R\$ 36.353,00. Financeiramente, o projeto é viável. A TIR para este cenário foi de 15% (Tab. 11.). Contando com a mesma TMA de 10%, a TIR encontrada mais uma vez reforçou a viabilidade do projeto.

O payback simples no cenário 2 foi de 7 anos, enquanto o payback descontado foi de 11 anos. Nota-se a redução do prazo em relação ao cenário 1, visto a redução do valor total do investimento.

A lucratividade novamente indica a alta capacidade de geração de lucro do projeto, enquanto a rentabilidade demonstra retorno de 2,4 vezes o investimento inicial.

3.3. Cenário 3

Os fluxos de caixa e payback do cenário 3 (investimento de R\$ 90.200,00) são apresentados nas Tabs. 9. e 10.

Tabela 9. Fluxo de Caixa e Payback Simples e Descontado do Cenário 3.

Período		Fluxos de caixa anuais	Payback Simples	Fluxo Descontado	Payback Descontado
0	Ano 0	-R\$ 90.200,00	-R\$ 90.200,00	-R\$ 90.200,00	-R\$ 90.200,00
1	Ano 1	R\$ 16.826,57	-R\$ 73.373,43	R\$ 15.296,88	-R\$ 74.903,12
2	Ano 2	R\$ 16.653,51	-R\$ 56.719,92	R\$ 13.763,23	-R\$ 61.139,89
3	Ano 3	R\$ 16.482,17	-R\$ 40.237,75	R\$ 12.383,30	-R\$ 48.756,59
4	Ano 4	R\$ 16.312,55	-R\$ 23.925,20	R\$ 11.141,69	-R\$ 37.614,90
5	Ano 5	R\$ 16.144,62	-R\$ 7.780,57	R\$ 10.024,54	-R\$ 27.590,35
6	Ano 6	R\$ 15.978,38	R\$ 8.197,81	R\$ 9.019,38	-R\$ 18.570,98
7	Ano 7	R\$ 15.813,79	R\$ 24.011,60	R\$ 8.114,98	-R\$ 10.456,00
8	Ano 8	R\$ 15.650,86	R\$ 39.662,46	R\$ 7.301,24	-R\$ 3.154,76
9	Ano 9	R\$ 15.489,55	R\$ 55.152,01	R\$ 6.569,08	R\$ 3.414,32
10	Ano 10	R\$ 15.329,85	R\$ 70.481,86	R\$ 5.910,32	R\$ 9.324,64
11	Ano 11	R\$ 13.293,54	R\$ 83.775,40	R\$ 4.659,31	R\$ 13.983,95
12	Ano 12	R\$ 13.155,81	R\$ 96.931,21	R\$ 4.191,85	R\$ 18.175,80
13	Ano 13	R\$ 13.019,45	R\$ 109.950,66	R\$ 3.771,27	R\$ 21.947,07
14	Ano 14	R\$ 12.884,46	R\$ 122.835,12	R\$ 3.392,88	R\$ 25.339,95
15	Ano 15	R\$ 12.750,81	R\$ 135.585,93	R\$ 3.052,44	R\$ 28.392,39
16	Ano 16	R\$ 12.618,50	R\$ 148.204,43	R\$ 2.746,15	R\$ 31.138,54
17	Ano 17	R\$ 12.487,52	R\$ 160.691,95	R\$ 2.470,59	R\$ 33.609,13
18	Ano 18	R\$ 12.357,84	R\$ 173.049,79	R\$ 2.222,67	R\$ 35.831,80
19	Ano 19	R\$ 12.229,46	R\$ 185.279,26	R\$ 1.999,62	R\$ 37.831,41
20	Ano 20	R\$ 12.102,37	R\$ 197.381,62	R\$ 1.798,94	R\$ 39.630,35
21	Ano 21	R\$ 11.976,55	R\$ 209.358,17	R\$ 1.618,40	R\$ 41.248,75
22	Ano 22	R\$ 11.851,98	R\$ 221.210,15	R\$ 1.455,97	R\$ 42.704,72
23	Ano 23	R\$ 11.728,66	R\$ 232.938,81	R\$ 1.309,84	R\$ 44.014,56
24	Ano 24	R\$ 11.606,57	R\$ 244.545,39	R\$ 1.178,36	R\$ 45.192,92
25	Ano 25	R\$ 11.485,71	R\$ 256.031,09	R\$ 1.060,08	R\$ 46.253,00

Tabela 10. Fluxo de caixa cenário 3.

Cenário 3							
Ano	0	1	2	3	4	...	25
Receita Bruta	-R\$ 90.200,00	R\$ 17.306,57	R\$ 17.133,51	R\$ 16.962,17	R\$ 16.792,55	...	R\$ 13.597,40
Impostos	0		R\$ -	R\$ -	R\$ -	...	R\$ -
Receita Líquida		R\$ 17.306,57	R\$ 17.133,51	R\$ 16.962,17	R\$ 16.792,55	...	R\$ 13.597,40
Custo Variável (Sup. Técnico)		R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	...	R\$ 1.631,69
Depreciação		R\$ 3.608,00	R\$ 3.608,00	R\$ 3.608,00	R\$ 3.608,00	...	R\$ 3.608,00
Lucro bruto		R\$ 13.698,57	R\$ 13.525,51	R\$ 13.354,17	R\$ 13.184,55	...	R\$ 8.357,71
Custo Fixo / Manutenção		R\$ 480,00	R\$ 480,00	R\$ 480,00	R\$ 480,00	...	R\$ 480,00
Depreciação		R\$ 3.608,00	R\$ 3.608,00	R\$ 3.608,00	R\$ 3.608,00	...	R\$ 3.608,00

No terceiro cenário, o VPL encontrado mais uma vez foi positivo, no valor de R\$ 46.253,00 e a TIR, de 17% supera a TMA (Tab. 11.), ambos os índices indicando a viabilidade do projeto. O payback simples no cenário 3 foi de 6 anos, enquanto o payback descontado foi de 9 anos. A lucratividade novamente indica a alta capacidade de geração de lucro do projeto, enquanto a rentabilidade demonstra retorno de 2,7 vezes o investimento inicial.

3.4. Comparativo dos Cenários

A análise de sensibilidade demonstra que o projeto é economicamente viável nos três cenários apresentados. O cenário 1 (investimentos de R\$ 110.000,00) atualmente é o mais provável, mas com a contínua competição entre empresas pelo mercado nacional de GD e a contínua redução dos preços dos painéis fotovoltaicos, os cenários 2 e 3 são as tendências. Através da análise dos cenários é possível perceber que, à medida que diminui o valor do investimento,

melhoram os índices econômicos, como VPL e TIR, por exemplo. Ainda por conta da redução dos valores de investimentos, diminuem os prazos de payback e aumentam os índices de lucratividade e rentabilidade.

Tabela 11. Comparação dos três cenários através dos seus índices.

Índices	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Investimento	R\$110.000,00	R\$100.100,00	R\$90.200,00
Custos totais	R\$64.567,97	R\$64.567,97	R\$64.567,97
Receita	R\$384.515,08	R\$384.515,08	R\$384.515,08
Taxa de desconto	10%	10%	10%
VPL	R\$ 26.453,00	R\$ 36.356,00	R\$ 46.253,00
TIR	13%	15%	17%
Payback simples	7	7	6
Payback descontado	13	11	9
Rentabilidade	2,23	2,46	2,72
ROI	223,76%	245,89%	272,87%
Lucratividade	15,30%	16,81%	18,65%

4. CONCLUSÃO

O estudo objetivou analisar a viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética em um Lar de Idosos na cidade de Salvador, Bahia. Os resultados revelaram que o projeto de implantação de um sistema solar fotovoltaico como alternativa para redução de custos e diversificação energética é viável para o período analisado nos três cenários projetados. Foram analisados os principais indicadores econômicos, como VPL, TIR, ROI, lucratividade, rentabilidade, payback simples e descontado.

Além da viabilidade financeira, é preciso considerar que existem benefícios a serem mensurados neste trabalho e que devem ser levados em consideração como complementação à positividade da implantação do projeto, tais como o fato de que a irradiação é um fenômeno natural não poluente e inesgotável; pode ser instalado em telhados, não ocupando espaços uteis; é possível adicionar mais painéis solares a depender da demanda; possui baixo valor de manutenção e, por fim, não poluem o meio ambiente.

Espera-se que este trabalho contribua para que estudos semelhantes sejam desenvolvidos em outras instituições, empresas e residências, a fim de que se popularize o uso de fontes renováveis de energia, de maneira que a sociedade possa contribuir para a redução de emissões. Cabe salientar que há a necessidade de buscar incentivos públicos para viabilizar e popularizar o uso dessa fonte energética.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal da Bahia (UFBA), ao Laboratório de Energia (LEN), à Fundação Lar Harmonia (FLH) e à Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES).

6. REFERÊNCIAS

- ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), 2012, “Resolução Normativa Nº 482”, 17 de abril de 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 06 Set. 2017.
- COELBA (Companhia de Eletricidade da Bahia), 2017, site institucional. Disponível em: <www.coelba.com.br>. Acesso em 29 Jul. 2017.
- COSTA, H.S., “Por que a energia solar não deslancha no Brasil”. REVISTA CARTA CAPITAL Disponível em: <<https://www.cartacapital.com.br/blogs/outras-palavras/por-que-a-energia-solar-nao-deslancha-no-brasil-3402.html>>. Acesso em 15 Jun. 2017.
- CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito), 2004, “Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos”. Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES, Rio de Janeiro. Acesso em 02 Set. 2016.
- CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito), 2017. <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data-> Acesso em 02 de Fev. 2017.
- GOOGLE EARTH – MAPS. Disponível em: <<http://mapas.google.com>>. Acesso em 25 Mar. 2017.
- INEE (Instituto Nacional de Eficiência Energética), 2014, “O que é Geração Distribuída”. Acesso em 20 Mar. 2016.
- IRENA, 2017, “IRENA Cost and Competitiveness Indicators: Rooftop Solar PV”, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Disponível em: <<http://www.irena.org/publications/2017/Dec/IRENA-cost-and-competitiveness-indicators-Rooftop-solar-PV>>. Acesso em 19 mar. 2018.
- NASCIMENTO, R.L., “Energia solar no Brasil: situação e perspectivas”. Estudo técnico da Câmara dos Deputados, Consultoria Legislativa, 2017. Disponível em: <<http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/32259>>. Acesso em 8 Out. 2017.
- RÜTHER, R., 2004, “Edifícios Solares Fotovoltaicos”, Ricardo Rütther, Editora Labsolar.

SANTOS, J.A.F.A., LUNA, M.A.R., CUNHA, F.B.F., SILVA, M.S., TORRES, E.A., 2017, “Geração distribuída no Brasil: Análise de sua evolução e aspectos regulatórios”. X Congresso Brasileiro de Regulação. Florianópolis–SC.
VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R., 2012, “Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações”. 1 Ed., Editora Érica, São Paulo.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

STUDY OF THE TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF INSTALLATION OF A CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEM TO THE POWER GRID AT FLH REST HOME.

Márcia Andréa Rosas Luna, marcia.luna@rocketmail.com¹

Ednildo Andrade Torres, ednildo@ufba.br¹

¹Federal University of Bahia, Rua Prof. Aristides Novis, 2- Federação, Salvador- BA, 40210.630.

Abstract: The world energy matrix is diversified, but there is still a predominance of non-renewable fuels around 87% of the world total consumed. However, due to population growth and technological and industrial development, there will consequently be an increase in energy demand and, as a result of environmental regulation, the search for alternative energy sources will be necessary. Among the types of renewable energies, the photovoltaic solar energy stands out, as it allows the generation of a clean and decentralized way. Brazil is located in the intertropical zone, registering high rates of solar irradiation throughout the year, compared to countries that use this technology, which makes it a suitable place for its use. In this context, this study aims to analyze the technical and economic viability of the installation of a photovoltaic solar system connected to the electric grid, classified as microgeneration, of the order of 20 kWp of electricity under an energy compensation regime, as an alternative to reduce costs and promotes energy diversification in an Elderly Home for three scenarios of investment values, according to market values. The first scenario would be of a higher value; the second scenario would be of intermediate value and the third scenario would be of lower value. As results obtained, it was verified that the photovoltaic system would have economic and financial feasibility in the three scenarios, being that: in the first scenario the simple payback would be seven years and the payback discounted would be thirteen years; in the second scenario the simple payback would be seven years and the payback discounted would be eleven years and in the third scenario the simple payback would be six years and the payback discounted would be nine years; that is, all of them below the 25-year life of the system. The expected monthly savings would be in Brazilian Reals, the total amount of R\$ 1,442.21 in the energy bill of the Elderly Home analyzed.

Keywords: Technical and economical feasibility, Photovoltaic solar energy, Home for the elderly.