

Geração Fotovoltaica Distribuída: Estudo de Caso para Consumidores Residenciais de Salvador – Ba¹

Helder Henri Silva e Caldas², Antonio Luis Silva Moisés³.

Resumo

No presente trabalho será analisada a viabilidade econômica para instalação de sistemas fotovoltaicos em uma residência com índices médios de consumo e irradiação solar. Tendo como principal objetivo verificar o atual cenário de geração distribuída e a crescente redução dos preços de produtos oferecidos pelo mercado. A partir de premissas básicas como a utilização da configuração de sistema *Grid Tie*, dados obtidos por fontes de referência nacional como a ANEEL(Agência Nacional de Energia Elétrica), COELBA(Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia), EPE(Empresa de Pesquisa Energética) e CRESESB(Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito) foram utilizados para dimensionaro conjunto fotovoltaico. Posteriormente verificou-se a economia anual gerada frente ao que seria cobrado pela concessionária e expandindo, de forma linear, a projeção para a vida útil dos equipamentos.

Palavras-chave

Geração Distribuída, Energia Solar, Sistema Fotovoltaico.

¹ Aceito para Publicação no 1° Trimestre de 2016.

² Discente do Curso de Engenharia Industrial Elétrica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia- IFBA, helder_henri@hotmail.com,

³ Professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia- IFBA, als.moises@uol.com.br.

DISTRIBUTED PHOTOVOLTAICGENERATION: CASE STUDY FOR RESIDENTIAL CONSUMERS IN SALVADOR – BAHIA

Abstract

This work analyses the economic viability of installing photovoltaic systems at a typical residence with average rates of power consumption and solar radiation. The aim of this study is to verify the current distributed generation scenario and the continuing reduction in prices of products offered in the market. The project is developed with basic premises, including the use of Grid Tie system configuration, as well as data collected from national sources such as ANEEL (National Agency of Electricity), Coelba (Power Company of Bahia), EPE (Company of Energy Research) and CRESESB (Reference Center for Solar and Wind Energy Sergio Brito) in order to size the photovoltaic set. As a result, it was possible to identify the annual savings compared to what would have been charged by the utility, and expanding linearly, the projected lifetime of the equipment.

Key Words

Distributed generation, Solar Energy, Photovoltaic System.

1. Introdução

No Brasil, segundo a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), existem 26 usinas solares fotovoltaicas no sistema regulado, totalizando 25,263MW instalados, ou seja, menos de 0,02% da matriz energética nacional. A baixa utilização se deve a inúmeros fatores importantes, entre eles a falta de indústrias nacionais para fabricação dos módulos fotovoltaicos, reduzindo assim o custo de importação.Bem como a escassez programas federais específicos de incentivo à geração solar como o PROINFA (Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica) para geração eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas.

Com informações da NOTA TÉCNICA EPE (Empresa de Pesquisa Energética) - Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira (2012), a irradiação solar média anual no Brasil pode chegar a 2.400 kWh/m2/ano em regiões interioranas do Nordeste, valores muito elevados se comparados a países com tradição nessa forma de obtenção de energia como a Alemanha com irradiação entre 900 e 1.250 kWh/m2/ano, na França entre 900 e 1.650 kWh/m2/ano e a Espanha com irradiação entre 1.200 e 1.850 kWh/m2/ano.

Porém, o mercado da energia solar tem apresentado melhoras significativas quanto a seu custo, confiabilidade e rendimento na última década. Anteriormente os sistemas, em geral onerosos, eram destinados apenas a áreas remotas, *off-grid*, que competiam com o alto custo de levar eletricidade por meio de rede elétrica aérea. E com isso tinham grande limitação sendo dedicadas a empresas interessadas, estações de bombeamento ou equipamentos de telecomunicações.

Atualmente os sistemas conectados diretamente à rede, trouxeram um novo conceito a utilização da energia fotovoltaica, reduzindo custos importantes, mostrandose interessante para algumas aplicações como geração distribuída, já que compete com as altas tarifas cobradas pelas concessionárias, sendo apresentado ao longo do trabalho.

1.1 Geração Centralizada x Distribuída

O sistema Interligado Nacional (SIN) possui atualmente três tipos de subsistemas geradores: A geração centralizada, onde é composta por usinas de grande porte que normalmente ficam distantes dos centros consumidores; a geração distribuída onde a oferta é feita por meio de usinas de pequeno porte que estão nos próprios consumidores ou próximos a estes; e os ditos sistemas isolados que ficam em regiões mais remotas do país, como exemplo aregião Norte, impossibilitados de se conectarem ao sistema nacional pela inviabilidade econômica imposta pela distância ou questões ambientais.

Segundo as principais definições presentes em (Nakabayashi, 2015), para geração centralizada há uma clara vantagem por produzir energia em larga escala, onde sempre se reduz os custos por MWh, diminuindo assim o valor que o consumidor final paga pelo seu consumo mensal. Porém há sempre necessidade de grandes linhas de transmissão, aquisição de grandes áreas para sua construção e claro, os riscos e impactos ambientais que todas as grandes construções trazem a população local.

Para a geração de forma distribuída, o custo é aumentado visto à pequena quantidade de energia gerada, porém não há necessidade de linhas para o transporte de energia, o que pode reduzir perdas significativas. E, com as altas taxas e os últimos reajustes cobrados pelas concessionárias, torna-se cada vez mais factível a utilização de sistemas alternativos para reduzir o valor da conta final.

1.2 Sistemas Grid Tie

Os sistemas conectados à rede, também conhecidos como *grid-tie*, não utilizam acumuladores, como baterias, pois a energia que é gerada tem dois possíveis caminhos:

O consumo diretamente para a carga que está ligada (residência) ou ser injetada na rede de distribuição. Com isso, o gerador fotovoltaico apresenta-se como uma fonte complementar ao sistema elétrico da concessionária reduzindo assim a energia consumida a partir de fontes geradoras concentradas.

O Brasil definiu um sistema de compensação tarifário através da resolução ANEEL nº 687/2015, também conhecido como *Net Metering*. Nesta modalidade o medidor bidirecionalmede a energia consumida pela unidade proveniente da concessionária ou se há algum excedente do sistema fotovoltaico sendo injetado na rede. Quando a energia gerada é superior ao consumo, o excedente é injetado na rede e são gerados créditos com validade máxima de 60 meses para uma possível compensação. Caso o consumo for maior do que a energia gerada, o micro gerador pagará apenas a diferença ou se utilizará de seus créditos acumulados. A ANEEL instituiu que essa compensação pode ser feita pela unidade ou por outra cadastrada desde que seja atendida pela mesma concessionária e possuindo o mesmo proprietário. A Fig. 1 foi retirada da T8M Energia Solar – Sistemas Conectados à Rede e apresenta um micro gerador solar fotovoltaico típico.



Figura 1- Micro Gerador Fotovoltaico.

Para fazer a medição neste tipo de consumidor, os medidores devem ser bidirecionais instalados no ponto de conexão com à rede para que se possa medir a diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede a fim de contabilizar o montante a ser pago ou recebido em forma de créditos. Os custos de instalação deste medidor são de responsabilidade do próprio consumidor e a manutenção fica a cargo da concessionária. Este medidor deve atender as especificações PRODIST (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional), em seu Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição, e normas da concessionária.

Conforme as definições utilizadas pela ANEEEL, sistemas fotovoltaicos são divididos em três tipos de acordo com sua potência:

Micro geração: Potência instalada até 100kW;

• Mini geração: Potência instalada entre 100kW e 1MW;

Usinas elétricas: Potência instalada maior que 1MW;

2. Materiais e Métodos

Foi feito um projeto que servirá como referência para instalação de um sistema solar fotovoltaico em uma residência padrão, com uma carga média diária estimada a partir de dados do consumo obtidos na COELBA (Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia). E então, serão avaliados critérios básicos como a irradiação solar média diária para a localidade a fim de definir a configuração mais adequada. Alguns dados são de vital importância para o dimensionamento de um sistema solar: A eficiência dos painéis, a radiação solar incidente e a *PerformanceRatio*.

Foi escolhido o sistema *Grid-Tie*, por não ser necessária a utilização de baterias, já que injeta diretamente na rede o excedente gerado e quando necessário retira da mesma a energia para seu consumo. Isso faz com que o sistema se torne mais barato, com menor custo de manutenção eque cause menor impactoao meio ambiente.

Posteriormente foifeita uma estimativa de custo do MWh gerado a partir de sistemas distribuídos e a comparação dos principais valores de energia de sistemas concentrados que geram energia a partir de painéis solares, conforme dados obtidos pela EPE, CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica) e ANEEL possibilitando o melhor cenário para obtenção de energia fotovoltaica.

3. Projeto do Sistema Conectado à Rede

A partir de algumas premissas necessárias, será elaborado o projeto para instalação de painéis fotovoltaicos conectados diretamente à rede de distribuição. Uma residência fictícia será criada com parâmetros médios de consumo elétrico, localizado em um bairro central (Imbuí) na cidade de Salvador – BA, com coordenadas Latitude: 12,968° e Longitude: 38,439° e apresenta uma inclinação de 13° Sul em relação ao norte geográfico.

Para mensuração do consumo médio, foi coletado, na COELBA, o número de clientes dos últimos cinco anos e verificado o consumo total destes, posteriormente verificou-se a média de consumo anual e a média de consumo diário, conforme Tab. 1.

É importante ressaltar que a concessionária exige um consumo mínimo de 30 kWh/mês, ou seja, mesmo sem utilizar, o cliente deve pagar a taxa mínima, conforme citado por (Molgaroet al., 2012). Logo, não é interessante que o sistema solar gere esta energia e por isso deve-se retirar 1kWh/dia na média do consumo final.

	Nº de	Consumo	Média Anual	Média Diária
Ano	Consumidores	(kWh)	(kWh/ano)	(kWh/dia)
2010	933.530	1.642.171.766,56	1.759,10	4,8194
2011	948.260	1.627.999.636,34	1.716,83	4,7036
2012	951.163	1.593.233.508,08	1.675,04	4,5891
2013	968.487	1.744.060.145,37	1.800,81	4,9337
2014	994.193	1.803.802.364,82	1.814,34	4,9708
Média do Consumo Diário				4,8033
Média do Consumo Diário Considerando a Taxa Mínima				3,8033

Tabela 1 – Consumo Médio Municipal.

Com dados extraídos do CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito) pelo programa SunData que destina-se ao cálculo da irradiação solar diária média mensal (HSPma) em qualquer ponto do território nacional, podem ser mensurados os níveis de radiação solar incidente para a região central da cidade de Salvador, conforme Fig. 2.

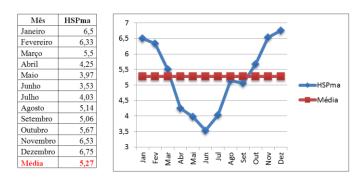


Figura 2- Irradiação Solar Média Diária.

3.1 Dimensionamento dos Módulos Fotovoltaicos

Para o sistema em questão, considerando os moldes do padrão brasileiro com sistema *Net Metering*, é mais interessante, do ponto de vista econômico, planejar a geração ligeiramente inferior ao consumo residencial, pois o excedente gera apenas créditos com data de vencimento de 60 meses. Então, a geração solar fotovoltaica deve funcionar como fonte complementar de energia, suprindo apenas parcialmente a demanda, (Cooper e Martins Junior, 2013).

De acordo com o procedimento para dimensionamento presente no Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos CRESESB – CEPEL(Centro de Pesquisas de Energia Elétrica) (2014), pode-se calcular a potência do sistema em questão a partir da Eq. 1:

$$P_{fv} = \frac{E/TD}{HSP_{ma}} \tag{1}$$

Onde:

P_{fv} – Potência de pico do sistema fotovoltaico [Wp];

E – Consumo diário médio da edificação [Wh/dia];

TD – Taxa de desempenho do sistema – [adimensional]

 HSP_{ma} – Número de horas de sol pleno em média diária a uma intensidade de $1000W/m^2$ [h];

Um valor padrão para a taxa de desempenho encontrado em literaturas e recomendado por fabricantes é de TD=0,75, que considera perdas diversas encontradas no sistema como a eficiência do inversor, sombreamento ou poeira sobre omódulo solar, perdas nos condutores e possível redução de potência devido ao coeficiente térmico negativo domódulo (quanto maior a temperatura interna, menor é a capacidade de gerar energia).

Logo, pode-se determinar a potência gerada do sistema, a partir dos valores mencionados anteriormente, como:

$$P_{fv} = \frac{3.803, 3/0,75}{5,27}$$

$$P_{fv} = 962,26 \ Wp$$
(2)

A partir desta potência, foram escolhidos como referência, painéis solares conforme especificações da Tab.2.

Tabela 2 – Dados Elétricos do Módulo Fotovoltaico.

Fabricante	Bosch
Modelo	M240-3BB
Tecnologia	Silício Mono Cristalino
Potência Nominal	240 Wp
Eficiência	14,60%
Perda de Potência Anual	0,80%
Área do Painel	1,64 m²
Peso	21 Kg
Tensão de Circuito Aberto - Voc	37,4V
Coeficiente de Temperatura da Tensão	0,32°/°C
Vida Útil	25 Anos

De acordo com estas especificações técnicas, pode-se mensurar a quantidade de painéis necessários para gerar a energia suficiente ao consumo médio diário:

$$N_{PFV} = \frac{962,26 \ Wp}{240 \ Wp}$$

$$N_{PFV} = 4,01 \text{ Pain\'eis}$$
(3)

N_{PFV} - Número de Painéis Fotovoltaicos;

Outro fator importante para análise do número de painéis necessários é inferir o desgaste natural do equipamento ao longo de sua vida útil. Onde este fabricante traz em média que, durante os 25 anos, haverá uma perda máxima de 20%. Então, considerando uma perda linear para o presente estudo, deve-se verificar que ao fim da vida útil, este sistema ainda possa fornecer a energia necessária para residência.

O sistema solar deve entregar, mesmo ao fim da sua vida útil, a potência gerada resultante da Eq. 2. Com isso, será projetada a potência necessária constante, a partir de

quatro módulos (960 Wp), e a respectiva curva com perda linear ao longo de sua utilização.

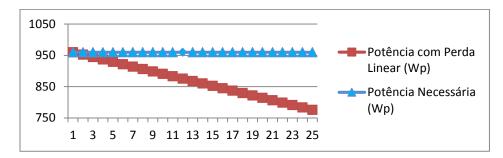


Figura 3- Curva de Energia Gerada Para Quatro Painéis.

Observa-se que a energia gerada ao longo dos anos vai caindo muito, impossibilitando o sistema de suprir as necessidades desta unidade.

Então, com a utilização de cinco módulos fotovoltaicos (1200 Wp), este índice é aprimorado, visando também um aumento de carga futura, conforme a curva da Fig. 4.

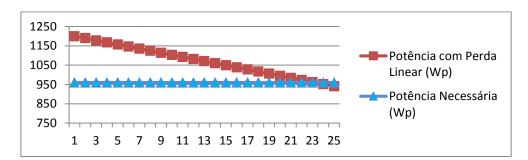


Figura 4 - Curva de Energia Gerada Para Cinco Painéis.

Logo, há um excedente de energia elétrica gerada ao longo dos primeiros anos de instalação do sistema. Este excesso é injetado na rede elétrica da concessionária e o gerador individual receberá o ressarcimento na forma de créditos acumulados por no máximo 60 meses, conforme REN687.

A energia gerada diariamente por cada módulo solar é mensurada como:

$$Ed = HSP \max x P_{Modulo} x TD$$

$$Ed = 5,27x240x0,75$$

$$Ed = 948,6 Wph / Dia$$
(4)

Onde:

Ed – Energia diária gerada por ummódulo solar [Wph/Dia];

P_{Módulo} – Potência nominal de um módulo solar[Wp];

Tabela 3 – Dados Finais dos Módulos Fotovoltaicos.

Energia Diária Gerada por um Painel	948,6Wph/dia
Número de Painéis	5
Energia Total Diária Gerada	4,743kWph/dia
Área Total Ocupada	8,20 m²
Peso Total	105 Kg

3.2 Dimensionamento do Inversor

Para os sistemas *Grid-Tie*, são designados geralmente módulos de 60 células, devido ao nível de tensão mais elevado se comparado a sistemas autônomos. Deverá ser verificada a tensão total série do sistema, a tensão corrigida pelo efeito de temperatura e a potência total do sistema para que se possa encontrar um inversor compatível.

$$Vts = Voc \times Nps$$

$$Vts = 37, 4 \times 5$$

$$Vts = 187 V$$
(5)

Onde,

Vts – Tensão Total Série dos Painéis [V];

Voc – Tensão de Circuito Aberto do painel [V];

Nps – Número de Módulos Fotovoltaicos;

Para correção de tensão por efeito da temperatura, pode-se verificar que, com o coeficiente de temperatura β =2,3mV/célula.°C e a temperatura de operação em 47°C:

$$V_{\Delta t} = Vts(1 - \beta \Delta T)$$

$$V_{\Delta t} = 187(1 - 0,0023x[47 - 25])$$

$$V_{\Delta t} = 177,54 \text{ V}$$
(6)

Com,

 $V_{\Delta t}$ Tensão corrigida pelo efeito da temperatura [V];

Δt – Variação de temperatura possível [°C];

β – Coeficiente de temperatura da tensão [mV/Célula.°C];

A partir da tensão de entrada c. c. corrigida, Eq. 6, pode-se calcular a corrente máxima do sistema:

$$I_{FVM\acute{a}x} = \frac{P_{TGerada}}{V_{\Delta t}}$$

$$I_{FVM\acute{a}x} = \frac{1200}{177,54}$$

$$I_{FVM\acute{a}x} = 6,76 A$$
(7)

Com,

I_{FVMáx}– Corrente Máxima de Entrada [A];

P_{TGerada} – Máxima Potência Gerada pelo Sistema [Wp];

Tabela 4 – Dimensionamento do Inversor Fotovoltaico.

Tensão Total Série dos Painéis	187 V
Tensão Corrigida pelo Efeito da Temperatura	177,54 V
Potência Total do Conjunto Fotovoltaico	1,2 kW
Corrente Máxima de Entrada	6,76 A

Para esta aplicação será utilizado um inversor com potência compatível com o projeto, sendo interessante aperfeiçoar o uso para que o sistema fique com carregamento entre 75% a 105% da potência nominal, a fim de obter melhores rendimentos.

Com estes resultados, foi escolhido o inversor SMA Sunny Boy 1200 que suporta uma potência máxima de 1320W, uma tensão máxima c.c. de 400V e uma corrente máxima de entrada 12,6 A.

Para efeitos de comparação e obtenção de um orçamento, foi simulado no site do *PORTAL SOLAR* um sistema que atenda aos requisitos acima citados, tendo como resultado os valores seguintes.

Tabela 5 – Resultados da Simulação *PORTAL SOLAR*.

Capacidade (Potência Instalada)	970 Wp
Produção Anual de Energia	1,731MWh/Ano
Área Mínima Ocupada Pelo Sistema	6m²
Peso Médio por Metro Quadrado	15Kg/m²
Custo Médio para 04 Placas	12.554,32
Custo Médio para 05 Placas	14.821,07

Tendo como geração média mensal prevista:

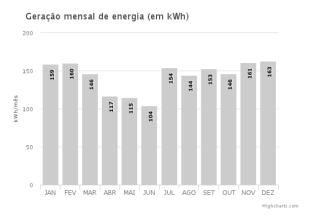


Figura 5 – Geração Média Mensal Prevista.

3. 3Performance de Rendimento

Também conhecida como *PerformanceRatio*, relaciona a produção de energia efetivamente gerada pelo sistema foto voltaico e seu valor calculado teoricamente. O módulo não depende do alinhamento nem da radiação que incide sobre o mesmo. Com isso tem-se um valor de referência que possibilita uma comparação direta entre quaisquer sistemas em todo o mundo.

Deve designar a relação entre o rendimento real e o teórico, de forma percentual. Com isso, tem-se o valor da energia que foi gasta internamente junto com suas perdas para gerar eletricidade e o valor nominal de fato entregue ao micro gerador. Segundo o fabricante SMA, em seu informe técnico *PerformaceRatio*, sistemas eficientes atingem um valor médio de 80%.

$$PR = \frac{\text{Rendimento Real do Sistema (kWh/ano)}}{\text{Rendimento Nominal do Sistema (kWh/ano)}} (\%)$$
(8)

A partir da Eq. 8 pode ser verificado anualmente (tempo ideal para análise) o desempenho de seu sistema solar a fim de verificar perdas excessivas ou possíveis erros de instalação.

Como o sistema em questão é uma projeção teórica para instalação de células foto voltaicas em residências na cidade de Salvador, não será possível fazer medições periódicas para atestar um bom valor da PR. Porém, em sistemas reais, este valor demonstra-se muito importante para conjectura da estimação de custos e sua rentabilidade.

3.4 Investimento Total do Sistema

Conforme a Tab.6 pode-se mensurar o custo total de instalação do sistema fotovoltaico. Todos os custo

Tabela 6 – Investimento Inicial do Sistema.

Equipamento	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total
Equipamento		(R \$)	(R \$)
Módulo FV Bosch M240-3BB	5	1.251,75	6.258,75
Inversor SMA Sunny Boy 1200	1	4.738,34	4.738,34
Medidor Bidirecional	1	590,00	590,00
Instalação	1	1.685,83	1.685,83
То	13.272,92		

A partir destes dados, pode-se calcular o valor médio do MWh que está sendo gerado através desse m

Tabela 7 – Comparação de Custo por MWh Entre Micro Geração e Consumo da Concessionária.

Utilizando o Sistema Fotovoltaico				
Energia Anual Produzida pelo	Valor médio	Custo anual		
Sistema (MWh)	(R\$/MWh)	(R\$/ano)		
1,731	306,711	530,92		
Utilizando à Rede de distribuição COELBA				
Energia Anual Consumida pela	Tarifa (R\$/MWh)	Custo Anual		
Residência (MWh)		(R\$/ano)		
1,731	554,404	959,67		

É importante mencionar que o valor do MWh gerado a partir do sistema foto voltaico não altera contatravés dos anos.

4. Resultados e Discussão

Com os resultados da Tab. 7 e verificando uma projeção para os reajustes tarifários anuais médios em 6,5%, pode-se verificar o tempo de retorno estimado do investimento, conforme Tab. 8.

Como pode ser observado, o custo de instalação para estes sistemas ainda encontrase em um patamar razoável, com retorno de investimento estimado em 14 anos (linha vermelha), apresentando-se de forma viável para a média de consumo residencial de Salvador - BA. O tempo de retorno deve-se principalmente ao baixo consumo, fazendo com que a relação R\$/MWh gerado seja alta, em relação a sistemas maiores.

É importante mencionar a alta taxa de retorno proporcionada pelo sistema ao fim de sua vida útil, estimado em R\$ 29.964,61, onde já há linhas de crédito com juros baixos em bancos públicos e privados de forma a financiar sistemas verdes que ajudem o meio ambiente.

Tabela 8 – Retorno do Investimento.

Ano	Custo Tarifário Anual	Custo Sistema Solar	Economia Anual	Valor Total Presente
1	R\$ 959,67	R\$ 530,92	R\$ 428,75	R\$ 426,54
2	R\$ 1.022,05	R\$ 530,92	R\$ 491,13	R\$ 917,67
3	R\$ 1.088,48	R\$ 530,92	R\$ 557,56	R\$ 1.475,23
4	R\$ 1.159,23	R\$ 530,92	R\$ 628,31	R\$ 2.103,54
5	R\$ 1.234,58	R\$ 530,92	R\$ 703,66	R\$ 2.807,21
6	R\$ 1.314,83	R\$ 530,92	R\$ 783,91	R\$ 3.591,12
7	R\$ 1.400,30	R\$ 530,92	R\$ 869,38	R\$ 4.460,49
8	R\$ 1.491,31	R\$ 530,92	R\$ 960,39	R\$ 5.420,89
9	R\$ 1.588,25	R\$ 530,92	R\$ 1.057,33	R\$ 6.478,22
10	R\$ 1.691,49	R\$ 530,92	R\$ 1.160,57	R\$ 7.638,78
11	R\$ 1.801,43	R\$ 530,92	R\$ 1.270,51	R\$ 8.909,29
12	R\$ 1.918,53	R\$ 530,92	R\$ 1.387,61	R\$ 10.296,90
13	R\$ 2.043,23	R\$ 530,92	R\$ 1.512,31	R\$ 11.809,21
14	R\$ 2.176,04	R\$ 530,92	R\$ 1.645,12	R\$ 13.454,33
15	R\$ 2.317,48	R\$ 530,92	R\$ 1.786,56	R\$ 15.240,89
16	R\$ 2.468,12	R\$ 530,92	R\$ 1.937,20	R\$ 17.178,09
17	R\$ 2.628,55	R\$ 530,92	R\$ 2.097,63	R\$ 19.275,72
18	R\$ 2.799,40	R\$ 530,92	R\$ 2.268,48	R\$ 21.544,20
19	R\$ 2.981,36	R\$ 530,92	R\$ 2.450,44	R\$ 23.994,64
20	R\$ 3.175,15	R\$ 530,92	R\$ 2.644,23	R\$ 26.638,87
21	R\$ 3.381,54	R\$ 530,92	R\$ 2.850,62	R\$ 29.489,49
22	R\$ 3.601,34	R\$ 530,92	R\$ 3.070,42	R\$ 32.559,91
23	R\$ 3.835,42	R\$ 530,92	R\$ 3.304,50	R\$ 35.864,41
24	R\$ 4.084,73	R\$ 530,92	R\$ 3.553,81	R\$ 39.418,22
25	R\$ 4.350,23	R\$ 530,92	R\$ 3.819,31	R\$ 43.237,53

O alto valor do sistema é resultado principalmente da falta de incentivos fiscais diretos e alta carga tributária incidente sobre equipamentos importados, o que representa mais de 47% do valor final.

Porém, é importante comparar o custo do MWh gerado por pequenos sistemas como o apresentado e as grandes usinas geradoras de fontes alternativas. Os últimos leilões realizados pela CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica) trazem valores do MWh gerado a partir de usinas solares entre R\$ 300,70 e R\$ 303,23 .

O valor da energia gerada pelo sistema diretamente conectado à redese aproxima dos custos obtidos em leilões, mostrando que é uma fonte energética importante e que deve compor a matriz brasileira ao longo das próximas décadas.

5. Conclusões

Atualmente, para o cenário de consumo médio anual de clientes residenciais da Cidade de Salvador – BA a implantação de sistemas fotovoltaicos traz uma boa rentabilidade ao investidor (micro gerador). Porém, em sistemas maiores, esse custo pode ser ainda menor visto o aumento da energia gerada e consumida em detrimento de uma elevação menor do investimento inicial.

Com a análise de viabilidade econômica para sistemas de micro geração, inferiu-se que este depende diretamente do investimento inicial necessário, nível de irradiação solar médio, eficiência do sistema, quantidade de energia gerada e também de condições externas, como a variação tarifária de energia, sendo importantes para a avaliação de qualquer sistema.

Os presentes resultados demonstram que em dias atuais, para uma residência de consumo médio em Salvador, a micro geração distribuída é viável economicamente, contudo, ainda há a necessidade de investimentos em pesquisa e incentivos fiscais por parte do governo.

Ou seja, na média, se todas as residências deste município instalassem sistemas de geração distribuída solar, haveria um retorno do investimento em torno de 14 anos com uma projeção de economia, descontado o investimento inicial, de R\$ 29.964,61 por cada unidade consumidora. Porém, ainda há outras restrições típicas de zonas urbanas populosas como o espaço físico para os módulos fotovoltaicos e o sombreamento de prédios maiores.

Com isso, a partir da Resolução Normativa 687/15 – ANEEL que traz novas diretrizes para compensação de energia elétrica por micro geradores, possibilitando a instalação de condomínios solares. Onde a geração pode ser feita em locais mais apropriados (com maior incidência solar e melhores fatores externos como o não sombreamento, terreno mais amplo e com m² mais barato). Este tipo de empreendimento pode baratear o custo da geração tendo em vista a quantidade gerada.

A crescente consolidação de sistemas que aproveitam o sol para gerar energia, alinhado ao aumento demasiado da tarifa elétrica pelas concessionárias levará a um retorno monetário ainda mais viável ao longo dos próximos anos. A EPE ratifica esta afirmação quando insere em seu Plano Decenal (2011) uma importante e crescente parcela da geração distribuída na matriz energética nacional.

Os sistemas fotovoltaicos conectados diretamente à rede de distribuição da concessionária apresentaram-se como uma solução importante para o cenário atual,

visto que a falta de chuvas ocasionou um aumento tarifário demasiado pela utilização de fontes energéticas mais caras como as termelétricas.

Com os resultados, entende-se que há um grande potencial a ser explorado para geração de energia solar de forma distribuída, onde perdas maiores de transmissão são subtraídas além de competir diretamente com o MWh distribuído pelas concessionárias de energia elétrica e ficando próximo ao valor dos últimos leilões para mesma forma de geração.

6. Referências

CEPEL -CRESESB, Grupo de Trabalho de Energia Solar - GTES. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Rio de Janeiro, 2014;

COOPER, ELLISON; MARTINS JUNIOR, W. MORALLES, 2013. Aplicação de Painéis Solares Fotovoltaicos Como Fonte Geradora Complementar de Energia Elétrica em Residências. Trabalho de Conclusão de Curso, Setor de Tecnologia – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba;

EPE - Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia - MME. Nota Técnica EPE - Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Energética Brasileira, Brasília, 2012;

EPE - Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia – MME. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2020.** Brasília, 2011;

INFORME TÉCNICO SMA.Performance Ratio. Disponível em http://files.sma.de/dl/7680/Perfratio-UPT100810.pdf>. Acessoem 16/02/2016;

MOLGARO, ROBSON JOSUÉ; Et al., 2012. Dimensionamento de Um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede para Uma Residência Unifamiliar na Região Urbana de Cascavel – PR. RevistaActa Iguazu, V. 01 No 03;

NAKABAYASHI, RENNYO, 2015. **Microgeração Fotovoltaica no Brasil: Viabilidade Econômica.**Tese de Mestrado, Instituto de Energia e Ambiente da USP, São Paulo;

PORTAL SOLAR. **Simulador Solar.** Disponível em http://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>. Acesso em 26/01/2016;

T8M ENERGIA SOLAR. **Sistemas Conectados à Rede** (**Grid - Tie**). Disponível em<u>http://t8menergiasolar.com.br/sistemas-conectados-a-rede-grid-tie/</u>. Acesso em 19/11/2015:

Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.5, p. 164-180, 2016