



VIABILIDADE ECONÔMICA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA INSTALADA EM UMA RESIDÊNCIA E EM UMA INDÚSTRIA

Cleber Izidoro¹

Paulo Afonso Redivo²

João Mota Neto³

Anderson Diogo Spacek⁴

Resumo: Desde 2012, o Brasil possui uma legislação que regulamenta e autoriza o consumidor a gerar energia em sua própria unidade consumidora, através da microgeração e minigeração distribuída. O principal meio de geração usado nos sistemas de micro e minigeração distribuída são os módulos fotovoltaicos de forma que a energia excedente gerada por estes módulos possa ser reembolsado pela fornecedora de energia elétrica. Atualmente, o elevado custo de aquisição e implantação dos sistemas fotovoltaicos assusta tanto os consumidores residenciais quanto os industriais, de forma que os mesmos acabem se questionando em relação a viabilidade econômica do sistema fotovoltaico. O estudo realizado neste trabalho mostra que o investimento em um sistema fotovoltaico é lucrativo, porém, quando comparado com a poupança, percebe-se que o rendimento do investimento realizado no sistema fotovoltaico, é menor que o rendimento da poupança. O uso de rastreadores solares faz com que a produção de energia elétrica da placa fotovoltaica aumente, porém, devido ao alto custo, este equipamento é pouco usado. Desta forma este aumento no custo do equipamento resulta em que o período de retorno do investimento feito em um sistema fotovoltaico com rastreador solar seja maior que o período de retorno do investimento feito em um sistema fixo.

Palavras-chave: Sistema Fotovoltaico. Investimento. Retorno Financeiro.

1 INTRODUÇÃO

Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) implementou, através da resolução normativa nº 482, os sistemas de microgeração e minigeração distribuída e o sistema de compensação de energia elétrica. [1] O principal meio de

¹ Professor Faculdade Satc. E-mail: cleber.izidoro@satc.edu.br

² Acadêmico Faculdade Satc. E-mail: paulo.arv@hotmail.com

³ Professor Faculdade Satc. E-mail: joao.neto@satc.edu.br

⁴ Professor Faculdade Satc. E-mail: anderson.spacek@satc.edu.br



geração usado nos sistemas de micro e minigeração é a placa fotovoltaica, que converte a luz do sol em energia elétrica [2].

O Brasil possui um expressivo potencial para a geração de energia através da irradiação solar. Os menores índices de insolação diária, no Brasil, são registrados na região sul e são superiores aos melhores índices de insolação diária registradas em países como a Alemanha, que possui uma das maiores capacidades de geração fotovoltaica do mundo[2].

O alto custo dos equipamentos que compõem o sistema fotovoltaico, faz com que os consumidores residenciais, comerciais e industriais fiquem em dúvida na hora de fazer o investimento no sistema fotovoltaico. As dúvidas giram em torno da viabilidade econômica de implantação do sistema fotovoltaico, por causa do elevado custo de aquisição e implantação do sistema fotovoltaico. Rastreadores solares são equipamentos usados para maximizar a captação da radiação solar. O uso em sistemas fotovoltaicos possibilita o aumento da produção de energia elétrica e a redução na quantidade de placas fotovoltaicas instaladas. O custo de instalação dos rastreadores solares é elevado, de forma que a sua instalação seja inviável para o cliente. Neste trabalho, são apresentados os resultados dos cálculos realizados para verificar a viabilidade de implantação do sistema de geração fotovoltaica. Também são apresentados os resultados dos cálculos feitos com o objetivo de verificar a viabilidade econômica da instalação de sistemas fotovoltaico com rastreadores solares. Nos dois casos, os resultados são comparados com os rendimentos de outros investimentos, a fim de verificar qual desses investimentos é mais vantajoso.

2 RESOLUÇÃO NORMATIVA

O sistema de compensação de energia foi criado em 2012 pela ANEEL, através da resolução normativa nº 482, que foi posteriormente alterada pela resolução normativa nº 687, da mesma agência, e permite que o consumidor gere energia para o autoconsumo, com a possibilidade de que o excedente gerado seja injetado na rede elétrica para posterior compensação na conta de energia. [1]

A microgeração distribuída é toda a central geradora de energia elétrica que possua potência instalada inferior ou igual a 75 kW, que gera energia elétrica a partir de cogeração qualificada ou de fontes alternativas, ligadas a rede de distribuição

de energia através da ligação do consumidor com a rede. Considera-se como minigeração distribuída toda a central geradora de energia que possua potência instalada superior a 75 kW e inferior ou igual a 3 MW para as fontes hidrelétrica e 5 MW para as fontes alternativas e cogeração qualificada, conectadas a rede de distribuição da mesma forma que a microgeração. [1]

No sistema de compensação de energia elétrica, a energia ativa gerada pelo consumidor por meio de um sistema de microgeração e minigeração distribuída é emprestada para a rede de distribuição da concessionária local, sendo este empréstimo reembolsado na forma de consumo de energia ativa por parte do consumidor dono do sistema de micro ou minigeração distribuída. [1]

A energia cedida pelos consumidores participantes desse sistema deverá ser totalmente convertida em créditos com valor equivalente ao valor da energia ativa cedida e com validade de uso de 60 meses ou 5 anos contados a partir da data da contabilização desses créditos, não podendo mais ser utilizada pelo consumidor após este prazo. [1]

3 COMPONENTES DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

As placas fotovoltaicas são conectadas aos barramentos da string box, através de fusíveis gPV. [2] Um módulo fotovoltaico e um quadro de proteção CC, que possui a função de string box incorporada, são apresentados na fig. 1.

Figura 1: Placa Fotovoltaica (à esquerda) e quadro de proteção CC, com a função de string box incorporada (à direita).



Fonte: [31] e [32]

O fusível gPV é exclusivamente projetado para ser usado em sistemas fotovoltaicos. A string box é conectada nos barramentos do quadro de proteção de

corrente contínua, por meio de fusíveis gPV. O Dispositivo de Proteção de Surto (DPS) é empregado no quadro de proteção de corrente contínua, para proteger os equipamentos e cabos contra sobretensões provocadas por descargas atmosféricas, incluindo as descargas atmosféricas que, ocasionalmente, podem atingir os módulos fotovoltaicos. [2] A fig. 2 apresenta o fusível gPV e o DPS.

Figura 2: Fusível gPV (à esquerda) e o DPS (à direita).



Fonte: [33] e [34]

Uma chave de desconexão é utilizada para desconectar os módulos fotovoltaicos do inversor, em casos de manutenção. Neste quadro, deve ser empregado a chave de desconexão CC, com capacidade de extinção de arco elétrico em corrente contínua. [2] Segundo Villalva (2015), diferentemente dos inversores para sistemas fotovoltaicos autônomos, que são fontes de tensão, os inversores usados em sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica funcionam como fonte de corrente. Como o próprio nome já diz, os inversores usados em sistemas fotovoltaicos são equipamentos que são projetados para transformar corrente contínua em corrente alternada. O princípio de funcionamento dos inversores fotovoltaicos é baseado em um circuito eletrônico de potência conhecido como ponte H, onde quatro transistores são chaveados eletronicamente. [2] As imagens da chave de desconexão CC e do inversor fotovoltaico estão sendo apresentadas na fig. 3.

Figura 3: Chave de desconexão CC (à esquerda) e inversor fotovoltaico (à direita).



Fonte: [32] e [35]

A saída do inversor é conectada ao quadro de proteção de corrente alternada. Um Disjuntor Diferencial Residual (DDR) é usado para fazer a ligação entre a saída do inversor fotovoltaico e a rede elétrica. Este disjuntor pode ser substituído por um disjuntor termomagnético, instalado em série com um Interruptor Diferencial Residual (IDR). O dispositivo de proteção contra surto é usado no quadro de proteção de corrente alternada, para proteger o sistema fotovoltaico de sobretensões provenientes da rede de distribuição de energia elétrica da distribuidora local. [2]

A energia elétrica consumida e a gerada e injetada na rede elétrica, são mensuradas pelo medidor de energia elétrica, instalado pela concessionária de energia elétrica. Transdutores, instalados dentro do medidor, fazem a medição indireta e a conversão da corrente elétrica que passam pelos terminais do medidor, em sinais elétricos que podem ser lidos pelos componentes eletrônicos do medidor. Um disjuntor diferencial residual e um medidor bidirecional de energia estão sendo apresentados na fig. 4.

Figura 4: Disjuntor Diferencial Residual (DDR) (à esquerda) e o medidor de energia elétrica bidirecional (à direita).



Fonte: [36] e [37]

4 VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA FOTOVOLTAICO



Nesse ponto, apresenta-se uma análise da viabilidade econômica de implantação de um sistema de geração fotovoltaico em duas situações. Na primeira situação, é analisada a implantação de um sistema fotovoltaico em uma residência e na segunda situação, analisou-se a instalação em uma pequena indústria. Ambas as unidades consumidoras mencionadas, estão localizadas na região sul do estado de Santa Catarina, no interior do município de Orleans.

De acordo com Macedo e Corbari (2014), os executivos de uma empresa, se apoiam no custo de oportunidade e no fluxo de caixa para realizar uma análise de viabilidade de um investimento. O custo de oportunidade faz referência ao custo do dinheiro no tempo e é usado para comparar o investimento a ser realizado com outro investimento de referência, com o objetivo de verificar qual desses investimentos é mais vantajoso. [3]

O fluxo de caixa faz referência a entrada e saída de dinheiro, relacionado ao investimento em questão, e que juntos formam uma operação financeira. Segundo Macedo e Corbari (2014), os métodos mais usados na análise de fluxo de caixa dos projetos são o Valor Presente Líquido (VPL), Período de *Payback* descontado, Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Período de *Payback* simples (PPs). [3]

Os ângulos de instalação dos módulos fotovoltaicos foram observados nos cálculos, já que a quantidade de radiação solar registrada na superfície dos módulos varia, conforme os ângulos de instalação das placas fotovoltaicas. A produção de energia elétrica do módulo fotovoltaico está diretamente relacionada com a quantidade de radiação solar que atinge a superfície da placa. O melhor aproveitamento da energia solar acontece quando os raios solares incidem perpendicularmente sobre a superfície do módulo, de modo que a trajetória dos raios solares forme um ângulo de 90° com a superfície da placa fotovoltaica. [2] Com o uso de *softwares* como o Radasol 2, ou de *sites* como o GLOBAL SOLAR ATLAS e com os dados de irradiação solar obtidos é possível determinar a produção aproximada de energia do sistema fotovoltaico.

Considerou-se nos cálculos de produção de energia, as perdas de geração causadas pelo desgaste dos módulos no decorrer dos anos e pela temperatura no módulo. Também incluiu-se as perdas nos condutores do lado DC e CA, nos diodos e



conectores, de conversão no inversor, registradas no sistema de Rastreamento do Ponto de Máxima Potência (MPPT), etc. [4, 5, 6 e 7]

Para o estudo da viabilidade econômica relacionada com a implantação de um sistema de geração fotovoltaica nas unidades consumidoras usadas para o desenvolvimento do mencionado estudo, é necessário estimar o valor do aumento da tarifa, ano após ano, durante todo o período a ser analisado.

A tarifa de energia elétrica é composta pelos custos de geração, de transmissão e os custos não gerenciáveis impostos as distribuidoras de energia. [8, 9] Também entra na cobrança da tarifa, o ICMS, PIS/COFINS e a taxa de iluminação pública. [9] De acordo com o banco de dados de geração da ANEEL, até o dia 20 de abril de 2018, 63,79% da capacidade total de geração de energia elétrica do Brasil tinham como origem, unidades geradoras que usam a força da água como fonte primária de energia. [10]

Isso faz com que a matriz elétrica brasileira seja altamente dependente das condições climáticas, ou seja, em períodos de seca, a produção de energia diminui nas usinas hidrelétricas. Para não prejudicar o abastecimento de energia do país em períodos de seca, é necessário acionar as usinas termoeletricas. Este tipo de usina costuma usar como fonte primária de energia, a queima de combustíveis fósseis, o que eleva o custo de geração de energia.

Através de resoluções, a ANEEL publica o valor das tarifas, para cada classe de consumo, sem incluir os tributos. Baseados nesses valores, as distribuidoras de energia elétrica emitem a fatura, incluindo os tributos federais (PIS e COFINS), o tributo estadual (ICMS) e o tributo municipal (CIP). O cálculo do valor da tarifa cobrada pela distribuidora de energia elétrica, ao consumidor é feito através da Eq. 1. [14]

$$VCC = \frac{VTPA}{1-(PIS+COFINS+ICMS)} \quad (1)$$

Onde:

VCC = Valor a ser Cobrado ao Consumidor (R\$);

VTPA = Valor da Tarifa Publicado pela ANEEL (R\$);

PIS = Programa de Interação Social;

COFINS = Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social;



ICMS = Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços;

No estado de Santa Catarina, conforme estabelecido no convênio ICMS 6, do CONFAZ (em que o referido estado aderiu), o ICMS é cobrado em cima de toda a energia consumida da rede, mesmo que a energia consumida seja resultante de créditos de energia gerados pelo consumidor que possui instalado, em sua unidade consumidora, um sistema de geração de energia solar fotovoltaica. [15]

De acordo com Mir-artigues e Ríó (2016), ocorrem perdas de geração no sistema fotovoltaico. Segundo os mesmos autores, essas perdas podem ser classificadas em cinco categorias: Perdas ocasionadas por eventos inesperados, como por exemplo, microdanos causados por um impacto sofrido pelo módulo fotovoltaico; Perdas de geração causadas pelo clima e por sombreamento; Perdas oriundas da falta de manutenção; Perdas ocasionadas pela degradação dos módulos, com o passar dos anos; E por último, as perdas de geração provocadas pelos equipamentos e pelos dispositivos auxiliares (cabos, conectores, etc.) usados no sistema de geração fotovoltaica. [16]

No estudo desenvolvido por Empresa de Pesquisas Energéticas (2012), considerou-se uma taxa de desempenho de 75% para o sistema fotovoltaico. Ao estipular essa taxa, foi considerado perdas de 4% a 6%, resultantes das perdas ôhmicas nos inversores, perdas de 1% a 3% resultantes da incompatibilidade e indisponibilidade dos módulos, perdas de 2% a 5% referentes aos diodos de bloqueios e aos circuitos elétricos, perdas de 2% a 4% relacionadas com a poluição e sujeiras presentes no módulo fotovoltaico, além das perdas ocasionadas pelo sombreamento dos módulos. No mesmo estudo, determinou-se que o custo anual de manutenção e operação fica em torno de 1% do investimento inicial feito no sistema fotovoltaico, e a perda de eficiência anual dos módulos é de 0,65%. [17]

A seguir, será feita uma análise da viabilidade de implantação do sistema de geração de energia solar fotovoltaica em duas unidades consumidoras diferentes. As unidades consumidoras usadas nos dois exemplos, possuem ligação trifásica. Neste caso, se não for registrado nenhum consumo durante o período faturado, é cobrado o custo de disponibilidade, que para a ligação trifásica, o valor em reais é equivalente ao consumo de 100 kWh. Essa taxa também é cobrada quando o



consumo registrado é inferior a 100 kWh. A vida útil de uma planta fotovoltaica fica em torno de 25 anos. Este foi o período considerado para se fazer a análise da viabilidade econômica do sistema fotovoltaico. [4]

Dados obtidos pela estação meteorológica da faculdade SATC, revelaram que no ano de 2015, a média de insolação diária na região foi de 4671,4 Wh/m² por dia. Levando-se em consideração os dados de consumo mensal, os dados de insolação registrados na região e o fato de que se deseja suprir todo o consumo das unidades consumidoras usadas nos dois exemplos, determinou-se o valor a ser pago no sistema de geração fotovoltaico a ser instalado em cada uma das unidades consumidoras.

Para os cálculos do período de *payback* simples do sistema fotovoltaico das duas simulações, foi considerada a taxa de desempenho, o custo de manutenção e operação anual e a perda de eficiência dos módulos, conforme descrito por Empresa de Pesquisas Energéticas (2012). [17]

De acordo com os dados mostrados por Toroinvestimentos (2017), entre 2008 e 2017, a poupança rendeu, em média, 7,24% ao ano, resultando em um rendimento médio mensal de 0,6034%. [18] Esses valores foram usados, como taxa de juros anual e mensal da poupança, para comparar os resultados entre um investimento feito em um sistema fotovoltaico e um investimento realizado na poupança. Durante o mesmo período, a tarifa rural da COORSEL foi reajustada 0,57% ao ano e a tarifa industrial da CEGERO foi reajustada, em média, 1,83% ao ano.

4.1 IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UMA RESIDÊNCIA

No primeiro exemplo, analisou-se a implantação de um sistema fotovoltaico em uma residência. Esta unidade consumidora está localizada no interior do município de Orleans, a 28°16'12.1" de latitude sul e 49°19'10.0" de longitude oeste. A residência está conectada à rede de distribuição de energia elétrica da COORSEL. Para esta unidade consumidora, é cobrada a tarifa rural. Os dados referentes ao consumo de energia desta unidade consumidora e o valor da tarifa cobrada, podem ser vistos na tab. 1.



Tabela 1: Valor da tarifa cobrada e dados de consumo da residência usada neste exemplo.

Média de consumo mensal	650 kWh
Média de consumo diário	21,67 kWh
Consumo durante o período diurno (entre 6:00 hs e 18:00 hs)	10,9 kWh
Valor da tarifa	R\$ 0,35352 (Ver apêndice A)

Fonte: Do autor (2019)

Um kit fotovoltaico disponível no mercado, capaz de suprir esta demanda, custa R\$ 19.186,00. Nesta simulação, considerou-se que os módulos fotovoltaicos seriam instalados no telhado da residência em questão, em um ângulo de $-22,67^\circ$ em relação ao norte geográfico, com inclinação de $16,91^\circ$. De acordo com os dados obtidos pelo *site* GLOBAL SOLAR ATLAS, a irradiação média a ser registrada na superfície dos módulos fotovoltaicos (levando-se em consideração os ângulos de instalação das placas fotovoltaicas), será de $4,51 \text{ kWh/m}^2/\text{dia}$.

Ao analisar o consumo de energia da residência usada nesta simulação percebeu-se que a mesma consome, em média, 21,67 kWh por dia. Desse total, 10,9 kWh foram consumidos durante o período entre 6:00 hs e 18:00 hs. Devido a cobrança do custo de disponibilidade mencionada anteriormente, o sistema fotovoltaico deve ser dimensionado para suprir até 550 kWh mensais. Em teoria, para uma geração mensal superior a 550 kWh, é necessário um investimento superior a R\$ 19.186,00, porém, o retorno mensal será o mesmo e, por isso, o tempo de retorno desse investimento será maior. Um investimento superior ao necessário para suprir o consumo mensal, descontando o valor referente ao custo de disponibilidade, compensa apenas nos casos em que existe a previsão do aumento futuro do consumo de energia.

O sistema de geração fotovoltaico escolhido para ser instalado na residência deste exemplo, é composto por 13 módulos fotovoltaicos de 330 Wp e um inversor de 3,3 kWp de potência. No mercado, este mesmo inversor custa R\$ 4.314,00. A potência instalada desse sistema fotovoltaico é de 4,29 kWp. Algumas das características técnicas das placas fotovoltaicas usadas, são mostradas na tab. 2.

Tabela 2: Características técnicas da placa JAP72S01-330/SC.



Fabricante	JA Solar
Modelo	JAP72S01-330/SC
Potência de Pico (Pmp)	330 W
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	46,4 V
Corrente de Curto-Circuito (Isc)	9,28 A
Eficiência do Módulo (η)	16,99%
Dimensões	1960 x 991 x 40 mm
Quantidade de Células	72

Fonte: JASolar (2017)

O inversor fotovoltaico usado nesta simulação, possui proteção contra reversão de polaridade na entrada do mesmo. Essa proteção impede que o inversor seja danificado, caso aconteça uma reversão de polaridade acidental. Por possuir dois canais de MPPT, esse inversor possui dois varistores (um em cada canal), montados na entrada do inversor para proteger o mesmo contra sobretensão oriunda dos módulos fotovoltaicos. O inversor também possui detecção de falha de aterramento das placas fotovoltaicas. [2, 20]

Esse inversor possui proteções associadas à sua saída. A proteção anti-ilhamento impede que o inversor injete energia na rede elétrica da distribuidora, quando esta é desligada, evitando danos ao inversor e aos demais equipamentos ligados a rede elétrica, garantindo a segurança dos profissionais responsáveis pela manutenção da rede elétrica. Dois varistores (um para cada canal de MPPT) montados na saída do inversor, protegem o mesmo equipamento contra sobretensões provenientes da rede elétrica. Dados técnicos referentes ao inversor usado nesta simulação, são apresentados na tab. 3.

Tabela 3: Dados técnicos do inversor UNO-DM-3.3-TL-PLUS, da ABB.

Fabricante	ABB
Modelo	UNO-DM-3.3-TL-PLUS
Potência Nominal	3300 W
Máxima Potência de Saída	3300 W
Tensão Nominal da Rede (CA)	230 V
Faixa de Tensão de Trabalho (CA)	180...264 V
Número de Canais Independentes de MPPT	2
Potência Máxima de Entrada em Cada Canal	2000 W
Tensão de Partida	200 V
Máxima Corrente com MPPT Trabalhando em Paralelo	20 A
Corrente Máxima por Canal de MPPT	10 A
Máxima Corrente de Curto-Circuito por Canal de MPPT	12,5 A

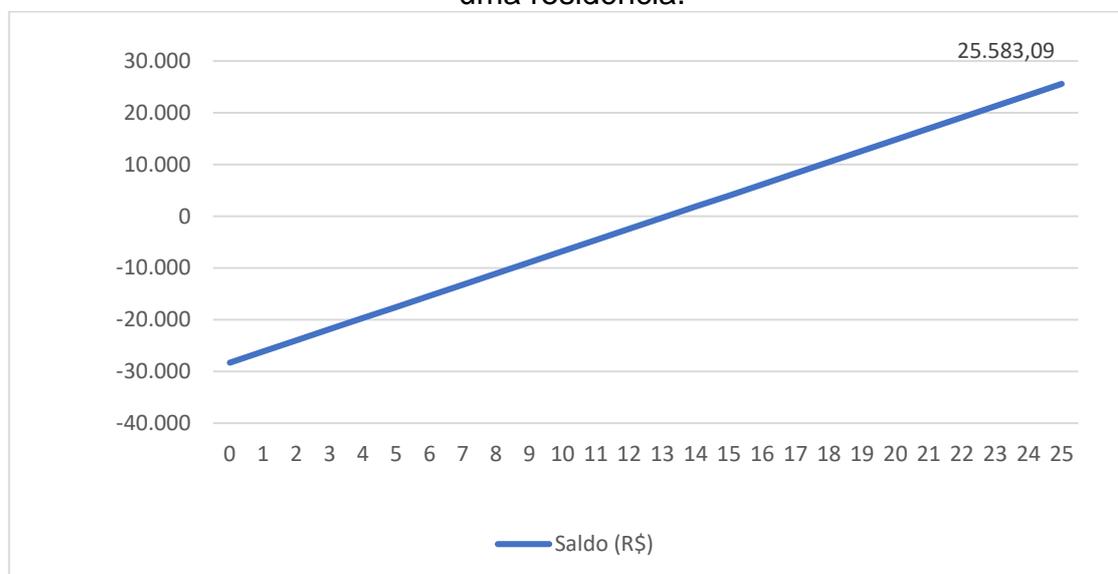


Faixa de Ajuste de Frequência	57-63 Hz
Máxima Corrente de Saída	14,5 A
Eficiência Máxima	97%

Fonte: ABB (2015)

Dados obtidos juntamente com a COORSEL, revelaram que, desde 2008, a tarifa cobrada para esta unidade consumidora, foi reajustada, em média, 0,57% ao ano. Este foi o valor de reajuste tarifário da COORSEL, a ser considerado anualmente, para os próximos 25 anos, nos cálculos de viabilidade econômica desta simulação. A fig. 5 apresenta os resultados dos cálculos referentes ao período de *payback* simples dos investimentos feitos no sistema fotovoltaico que será implantado na residência usada como referência neste exemplo.

Figura 5: Período de *payback* simples da implantação de um sistema fotovoltaico em uma residência.



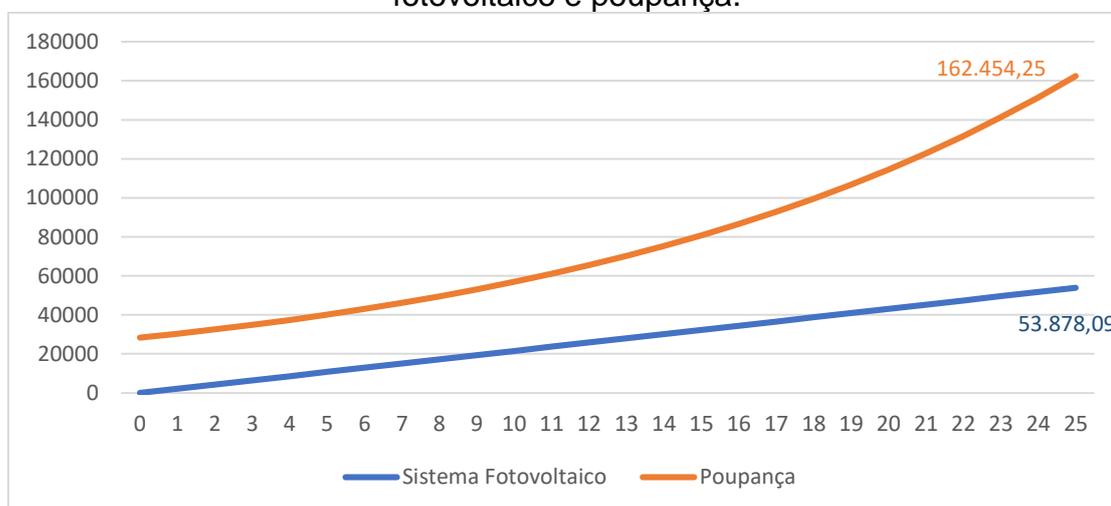
Fonte: Do autor (2018)

Pode-se observar no gráfico da fig. 5 que, no caso analisado, o investimento feito em um sistema fotovoltaico é lucrativo, sendo que, no final de um período de 25 anos, o saldo pode chegar a R\$ 25.583,09. O saldo se torna positivo após um período de 13 anos e 1 mês. Os resultados dos cálculos mostraram que, após um período de 25 anos, a economia de energia pode chegar a R\$ 53.878,09.

A fig. 6 apresenta os resultados de um comparativo realizado entre investimentos de R\$ 19.186,00 (somado a todos os custos de operação e manutenção

considerados nos cálculos, para o período de 25 anos) feito no sistema fotovoltaico e na poupança.

Figura 6: Resultados do comparativo feito entre o investimento realizado em um sistema fotovoltaico, em uma poupança e um investimento executado entre sistema fotovoltaico e poupança.



Fonte: Do autor (2018)

Ao comparar os resultados apresentados no gráfico da fig. 6, percebe-se que no final de um período de 25 anos, o sistema fotovoltaico gerará um retorno de R\$ 53.878,09 em economia de energia, enquanto que o dinheiro aplicado na poupança resultará em um retorno de R\$ 143.268,25. Este resultado foi obtido ao subtrair o valor do investimento inicial pelo valor obtido após o período de 25 anos. Em relação aos rendimentos anuais, o sistema fotovoltaico foi o investimento que teve o menor rendimento, ficando abaixo do rendimento anual da poupança, com taxa média de 4,37% ao ano.



4.2 IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UMA PEQUENA INDÚSTRIA

Nesta parte do trabalho, usou-se como base para a simulação de instalação do sistema fotovoltaico, uma pequena indústria instalada no interior do município de Orleans, a 28°16'31.1" de latitude sul e 49°14'09.2" de longitude oeste. Esta pequena empresa está conectada à rede de distribuição de energia elétrica da CEGERO. Devido as atividades desenvolvidas na unidade consumidora, atualmente esta mesma unidade consumidora é classificada como classe de consumo industrial, sendo cobrada a tarifa industrial. Apesar de esta unidade consumidora ser enquadrada na classe de consumo industrial, a cobrança da energia elétrica consumida, neste caso, é feita através do mesmo método usado para fazer a cobrança de energia elétrica consumida pelos consumidores do grupo B. Ou seja, a compra de energia elétrica não é feita através de demanda contratada. A tab. 4 apresenta os dados referentes ao consumo e a tarifa imposta pela CEGERO, a esta unidade consumidora.

Tabela 4: Valor da tarifa cobrada e dados de consumo da pequena industria usada neste exemplo.

Média de consumo mensal	3323,3 kWh
Média de consumo diario	110,78 kWh
Consumo durante o período diurno (entre 6:00 hs e 18:00 hs)	98,74 kWh
Valor da tarifa	R\$ 0,32947 (Ver apêndice B)

Fonte: Do autor (2018)

Foi considerado no dimensionamento do sistema fotovoltaico, o valor referente ao custo de disponibilidade em kWh, cobrado para a unidade consumidora deste exemplo, ou seja, foi considerado como valor de consumo mensal, a quantia de 3223,3 kWh. Para este caso, foi escolhido um kit fotovoltaico de R\$ 93.400,00. Este kit é composto por 78 placas fotovoltaicas de 330W e um inversor de 20 kWp, modelo TRIO-20.0-TL-OUTD, produzido pela ABB. A potência instalada desse kit fotovoltaico é de 25,74 kWp. No mercado, o preço unitário do inversor usado nesse sistema fotovoltaico, é de R\$ 17.131,00. Foram usadas as placas fotovoltaicas modelo



Maxpower CS6U-330P, produzidas pela CanadianSolar. A tab. 5 apresenta algumas das especificações técnicas dos módulos fotovoltaicos usados nesta simulação.

Tabela 5: Especificações técnicas do módulo maxpower cs6u – 330p.

Potência de Pico (Pmp)	330 W
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	45,6 V
Corrente de Curto-Circuito (Isc)	9,45 A
Eficiência do Módulo (η)	16,97%
Dimensões	1960 x 992 x 40 mm
Quantidade de Células	72

Fonte: CanadianSolar (2016).

O inversor fotovoltaico, empregado nesta simulação, possui algumas proteções associadas à sua entrada. Este inversor possui proteção contra reversão de polaridade e proteção contra sobretensão na sua entrada. Na saída, este inversor possui proteção anti-ilhamento e proteção contra sobretensão oriunda da rede elétrica. As proteções do inversor contra sobretensão são feitas através do uso de varistores. [22] Alguns dos dados técnicos do inversor ABB TRIO-20.0-TL-OUTD podem ser vistos na tab. 6.

Tabela 6: Dados técnicos do inversor TRIO-20.0-TL-OUTD, da ABB.

Potência Nominal	20000 W
Máxima Potência de Saída	22000 W
Tensão Nominal da Rede (CA)	400 V
Número de MPPT Independentes	2
Potência Máxima de Entrada em Cada MPPT	12000 W
Tensão de Partida	430V
Máxima Corrente com MPPT Trabalhando em Paralelo	50 A
Corrente Máxima por Canal de MPPT	25 A
Máxima Corrente de Curto-Circuito por MPPT	30 A
Faixa de Ajuste de Frequência	57-63 Hz
Máxima Corrente de Saída	33 A
Eficiência Máxima	98,2%

Fonte: ABB (2017).

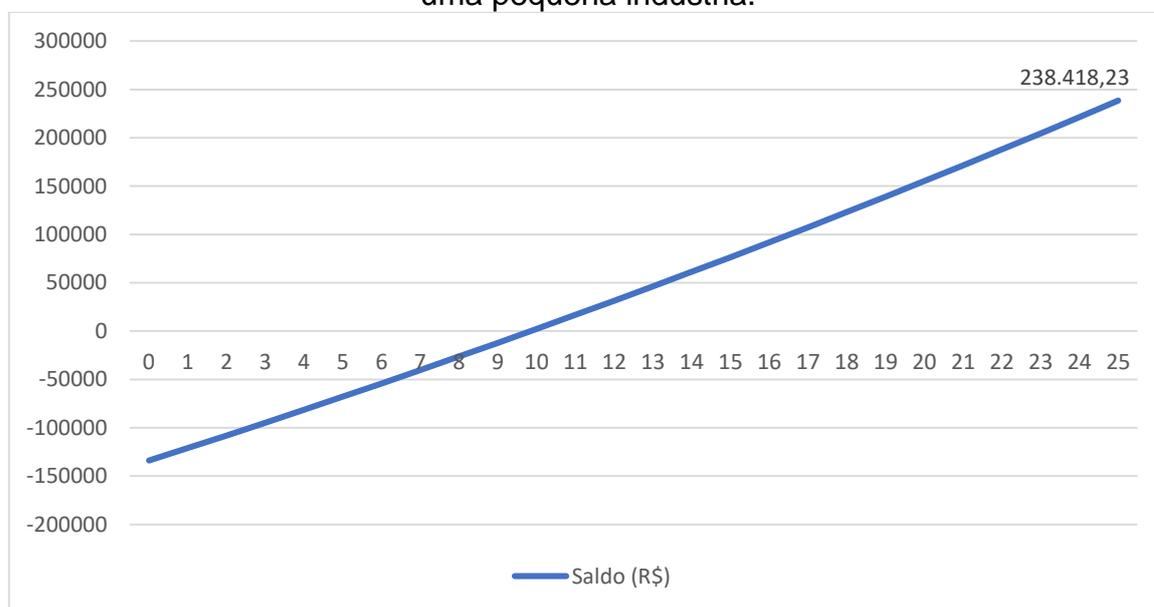
Nesta simulação, as placas fotovoltaicas foram instaladas em um ângulo de $-80,01^\circ$ em relação ao norte geográfico, e $17,54^\circ$ em relação ao nível do solo. Conforme os dados obtidos pelo *site* Global Solar Atlas, a irradiação média na superfície dos módulos fotovoltaicos (levando-se em consideração, os ângulos de instalação) é de $4,19 \text{ kWh/m}^2/\text{dia}$. Ao analisar os dados concedidos pela CEGERO,



percebeu-se que, desde 2008, o valor da tarifa industrial da CEGERO evoluiu, em média, 1,83% ao ano.

Os resultados dos cálculos do período *payback* simples do sistema fotovoltaico usado nesta simulação, estão sendo mostrados no gráfico da fig. 7.

Figura 7: Período de *payback* simples da implantação de um sistema fotovoltaico em uma pequena indústria.



Fonte: Do autor (2018).

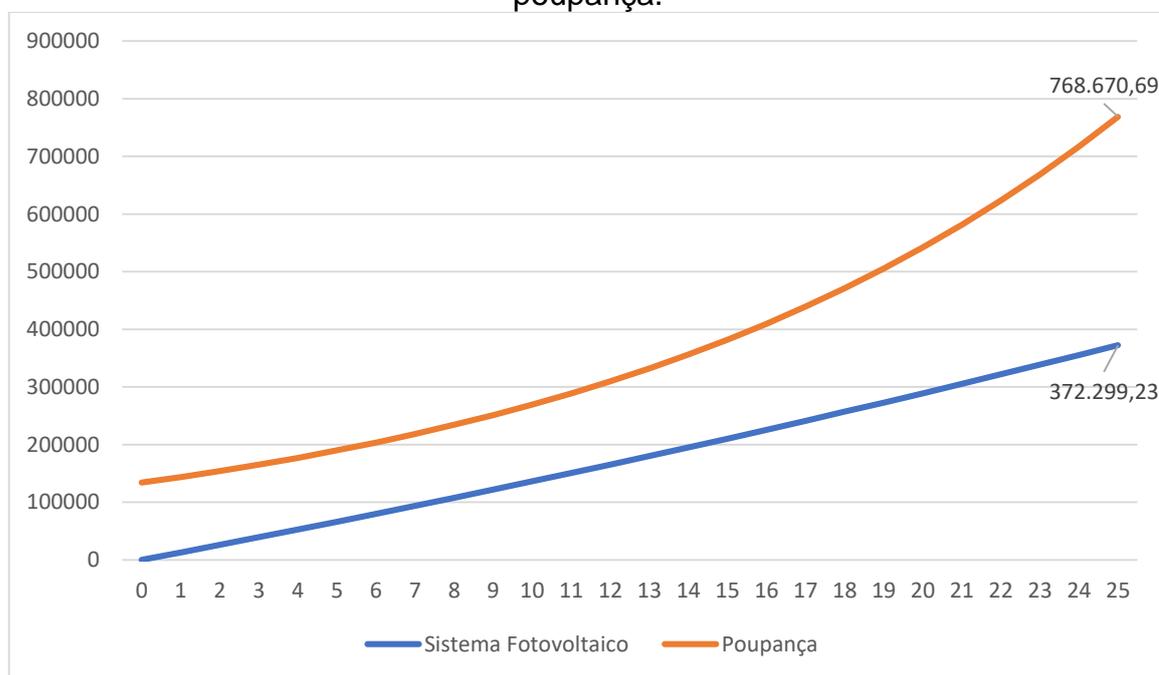
Os dados apresentados na fig. 7 mostram que, neste caso, após o período de 25 anos, o investimento realizado no sistema fotovoltaico desse exemplo, pode gerar um retorno de R\$ 238.418,23, e o total economizado em energia pode chegar a R\$ 372.299,23. De acordo com os cálculos, o saldo se torna positivo após 9 anos e 10 meses.

O gráfico da fig. 8 apresenta os resultados do comparativo feito entre investimentos de R\$ 93.400,00, somado aos custos de operação e manutenção



considerados nos cálculos para o período de 25 anos, realizados na poupança e no sistema fotovoltaico.

Figura 8: Comparativo entre um investimento realizado no sistema fotovoltaico e na poupança.



Fonte: Do autor (2018).

Os dados expostos na fig. 8 mostram que ambos os investimentos são lucrativos. O investimento realizado no sistema fotovoltaico apresentou o menor rendimento, ficando um pouco abaixo do rendimento anual da poupança, com a taxa média de 5,48% ao ano.



Os cálculos mostraram que após um período de 25 anos, o sistema fotovoltaico usado na simulação gerará um retorno de R\$ 238.418,23. Se aplicado na poupança, o mesmo investimento gerará um retorno de R\$ 768.670,69 durante o referido período. Obteve-se este resultado ao descontar o valor do investimento inicial do valor final do retorno.

4.3. RASTREADOR SOLAR

O rastreador solar é um equipamento usado para maximizar a captação da radiação solar. É usado em aplicações meteorológicas e que envolvem estudos científicos do sol e a produção de energia elétrica através da radiação solar. [23, 24] De acordo com Blaszczyk (2017), a produção de energia do módulo fotovoltaico pode aumentar em até 40%, com o uso de um rastreador solar. [23]

Os rastreadores solares podem ser classificados como Passivo ou Ativo. Os rastreadores passivos são totalmente mecânicos. A movimentação das placas fotovoltaicas é feita de forma automática, através do uso da radiação solar. Neste caso, os raios solares aquecem uma solução fluída, armazenada á uma determinada pressão, em reservatórios instalados nas extremidades do rastreador solar. Através do processo de evotransferência, o fluido é transferido de um reservatório para o outro, na extremidade oposta, movimentando o módulo fotovoltaico. [25, 26]

Diferentes métodos de rastreamento solar são usados pelos rastreadores solares ativos. Devido a este fato, existem vários tipos de rastreadores solares pertencentes ao grupo mencionado anteriormente, sendo que um destes rastreadores é o rastreador solar de dois eixos. O rastreamento do sol pode ser feito em malha fechada, com o uso de sensores LDR. O LDR é um componente eletrônico resistivo. Sua resistência varia de forma proporcionalmente inversa a quantidade de luz que este componente recebe. Em rastreadores solares de dois eixos, são usados quatro LDR, de forma que se possa obter o posicionamento correto do sol no céu. Para aumentar a sensibilidade, o LDR pode ser instalado de forma inclinada, dentro de um encapsulamento. Uma câmera pode ser usada para identificar a posição do sol no céu. Neste caso, o controlador é programado de forma que o algoritmo busca sempre manter o sol no centro da imagem captada pela câmera. [25, 27]

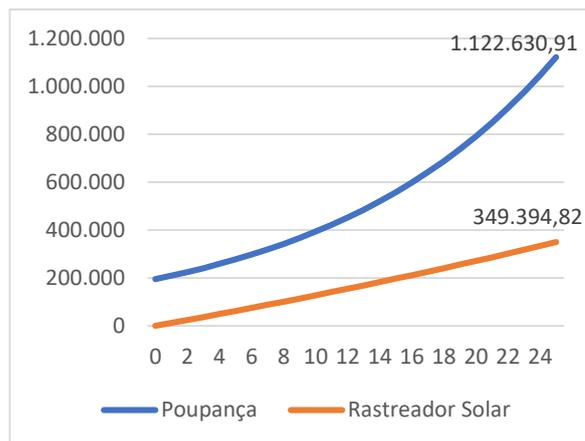
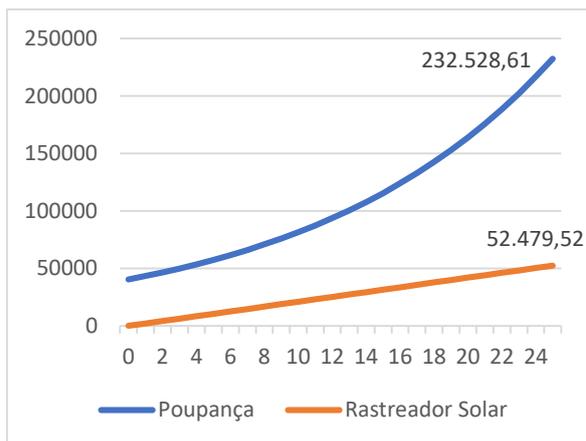


O rastreamento do sol também pode ser feito em malha aberta. Com base na data e na hora local, o algoritmo calcula a posição do sol e informa o resultado ao controlador, que posiciona as placas fotovoltaicas, de acordo com o resultado obtido. Algoritmos mais avançados, além de necessitarem da data e hora do local de instalação, também precisam de dados como a temperatura, pressão, latitude e longitude, etc. [25] Alguns rastreadores possuem sensores de vento que informam ao controlador, a velocidade do vento. No momento em que a velocidade do vento ultrapassar um limite programado, o controlador posiciona os módulos fotovoltaicos de modo que os mesmos fiquem deitados, reduzindo a resistência ao vento e evitando que o rastreador seja arrancado do seu local de instalação e danificado. [27]

De acordo com Martins (2016), diversos tipos de motores elétricos podem ser usados em rastreadores solares. Os motores CA são difíceis de serem controlados em baixas velocidades. Os motores de passo trabalham perfeitamente em baixas velocidades, porém, em situações emergenciais, podem não apresentar a velocidade exigida para colocar os módulos em posição segura, durante o tempo necessário. Os motores BLDC também são usados em rastreadores solares. O uso desse tipo de motor reduz a manutenção do rastreador solar, já que o mesmo motor não possui escovas. [27] O programa, responsável por controlar o rastreador solar, pode ser rodado no CLP, PIC, Arduíno ou no Raspberry Pi. [25, 28, 23 e 29]

Conforme o mencionado no início dessa seção, com o uso de um rastreador solar, a produção de energia elétrica de um módulo fotovoltaico pode aumentar em até 40%. Nos exemplos descritos na seção 4, considerou-se que as placas fotovoltaicas serão instaladas em uma posição fixa. Na fig. 9, é possível observar uma comparação de investimentos feitos em um sistema fotovoltaico com rastreador solar e um investimento de mesmo valor, realizado na poupança.

Figura 9: Comparação entre investimentos feito na poupança e no sistema fotovoltaico com rastreador solar, instalado na residência (a esquerda) e na indústria (a direita).



Fonte: Do autor (2018)

Ao usar um rastreador solar, a produção de energia elétrica da placa fotovoltaica é superior, quando comparado com uma instalação fixa. Esse aumento da produção de energia se deve ao fato de o rastreador solar manter a superfície das placas fotovoltaicas perpendicular aos raios solares durante todo o dia. O uso de um rastreador solar é vantajoso, porém, seu custo é muito elevado. Um rastreador solar com capacidade para 12 placas fotovoltaicas, custa R\$ 17.000,00.

No exemplo da residência o custo do kit fotovoltaico aumentaria para aproximadamente R\$ 36.186,00. Neste caso, a quantidade de placas é reduzida de 13 para 9 placas fotovoltaicas de 330 Wp, sendo necessário a instalação de apenas um rastreador solar. Ao comparar os resultados dos investimentos, é possível perceber que o investimento feito na poupança resulta em um rendimento superior, quando comparado com um investimento de mesmo valor, feito em um sistema fotovoltaico com rastreador solar. No caso da residência, o retorno do investimento feito na poupança pode chegar a R\$ 232.528,61. O total economizado em energia pode chegar a R\$ 52.479,52. O saldo deste investimento se torna positivo após 19 anos e 3 meses. O rendimento anual é de 3,38%, ou seja, abaixo do rendimento da poupança.

No exemplo da indústria, deve ser instalado 5 rastreadores solares. O custo de instalação do kit fotovoltaico mencionado no referido exemplo, aumenta para R\$ 178.400,00, sendo que serão instaladas 52 placas fotovoltaicas de 330 Wp. A economia de energia pode chegar a R\$ 349.394,82, enquanto que um investimento de mesmo valor, realizado na poupança, pode gerar um retorno de até R\$ 1.122.630,91. O saldo se torna positivo após um período de 14 anos e 10 meses. O



rendimento anual desse sistema fotovoltaico é de 4, 19%. Este rendimento também é inferior ao rendimento da poupança. Em ambos os casos, o elevado custo de instalação do kit fotovoltaico com o rastreador solar faz com que os clientes escolham a instalação fixa, já que esta é mais barata. Nas pesquisas realizadas para este trabalho, não foram encontrados dados referentes a manutenção do rastreador solar. Por este motivo, nos cálculos dos dois exemplos, foram considerados apenas uma troca de inversor.

5 CONCLUSÕES

Em 2012, a ANEEL criou os sistemas de micro e minigeração distribuída, que possibilita que o consumidor gere energia em sua unidade consumidora, seja ela uma casa, uma casa pertencente a um condomínio fechado, um apartamento ou até mesmo uma fábrica. O custo do sistema de geração fotovoltaica é elevado, porém, os cálculos mostraram que este investimento é rentável, mesmo considerando a degradação dos módulos fotovoltaicos e os prováveis custos de manutenção, que apesar de serem baixos, acabam impactando no *payback* do sistema fotovoltaico.

O investimento realizado em um sistema fotovoltaico não é tão rentável quanto um investimento de mesmo valor feito na poupança, porém, se o investimento feito em um sistema fotovoltaico for conciliado com um outro investimento, como a poupança, por exemplo, este pode se tornar muito mais rentável. Ao analisar os dois exemplos, percebe-se que o *payback* em cada exemplo ocorre em tempos diferentes. Isto acontece por causa de alguns fatores. Os cálculos mostraram que o sistema de geração fotovoltaica instalado na residência geraria mais energia que o necessário para atender o consumo diurno desta residência, resultando em créditos de energia com ICMS. No segundo exemplo, o sistema fotovoltaico instalado na pequena indústria não geraria créditos de energia durante o dia. O valor das tarifas cobradas e o valor de reajuste, varia de acordo com a classificação de consumo da unidade consumidora e com a distribuidora de energia elétrica. O consumo de energia elétrica das duas unidades consumidoras é diferente.

A pequena fábrica consome mais energia, e por isso, precisa de um sistema fotovoltaico maior e, conseqüentemente, mais caro. O ICMS é cobrado de maneira



diferente para as duas unidades consumidoras. No caso da tarifa rural, é cobrada uma alíquota de 12% para os primeiros 500 kWh consumidos e 25% para os kWh restantes. Já no caso da indústria, é cobrada apenas a alíquota de 25% em cima do valor da tarifa. [30]

O uso de rastreadores solares em sistemas fotovoltaicos aumenta a produção de energia elétrica das placas fotovoltaicas. Por outro lado, o uso desse equipamento eleva o custo do sistema fotovoltaico a níveis que se tornam inviáveis para o cliente. No exemplo da residência, o aumento do custo de implantação do sistema fotovoltaico com rastreador solar em relação ao sistema fixo é de aproximadamente 44%, ou seja, quase o dobro do valor de implantação do sistema fixo. No exemplo da indústria, esse aumento foi de aproximadamente 43%.

Os cálculos do valor do ICMS cobrado em cima dos créditos de energia foram feitos, considerando-se o total de energia consumido durante o dia e o total de energia gerado pelo sistema fotovoltaico. Em trabalhos futuros, recomenda-se fazer uma análise de consumo a cada hora do dia, com o objetivo de verificar o consumo da unidade consumidora, de hora em hora e, posteriormente, compará-la com a geração do sistema fotovoltaico em cada hora do dia. Com isso, é possível determinar com exatidão a quantidade de créditos gerados pelo sistema fotovoltaico.

REFERENCIAS

[1] ANEEL. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 19 abr. 2012. v. 149, n. 76, Seção 1, p. 53.

[2] VILLALVA, Marcelo Gradella. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: Conceitos e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015.

[3] MACEDO, Joel de Jesus; CORBARI, Ely Celia. Ferramentas para avaliação de projetos. In: MACEDO, Joel de Jesus; CORBARI, Ely Celia. **Análise de projeto e orçamento empresarial**. Curitiba: Editora Intersaberes, 2014. Cap. 2. p. 53-78.

[4] MIRANDA, Arthur Biagio Canedo Montesano. **ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE**. 2014.



98 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

[4] ANEEL. Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Diário Oficial da União. v. 147, n. 177, Seção 1, p. 115.

[5] SERRÃO, Marcos Antonio dos Santos. **DIMENSINAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA UMA CASA DE VERANEIO EM POUSO DA CAJAÍBA-PARATY**. 2010. 99 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

[6] NOGUEIRA, Paula Comarella. **ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA INSTALAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA DE ENERGIA DO RIO DE JANEIRO: UM ESTUDO DE CASO**. 2016. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016

[7] NAKABAYASHI, Renny Kunizo. **MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO BRASIL: CONDIÇÕES ATUAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS**. 2014. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

[8] ANEEL. **Entendendo a Tarifa**. 2016. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa/-/asset_publisher/uQ5pCGhnyj0y/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false&redirect=http://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa?p_p_id=101_INSTANCE_uQ5pCGhnyj0y&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2>. Acesso em: 9 maio 2017.

[9] ANEEL. **METODOLOGIA DE CÁLCULO TARIFÁRIO DA DISTRIBUIÇÃO: Encargos Setoriais**. 2016. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/metodologia-distribuicao/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/encargos-setoriais/654800?inheritRedirect=false>. Acesso em: 9 maio 2017.

[10] ANEEL. **Capacidade de geração do Brasil**. 2018. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

[11] BRASIL. Decreto nº 8401, de 4 de fevereiro de 2015. Dispõe sobre a criação da Conta Centralizadora dos Recursos de Bandeiras Tarifárias e altera o Decreto nº 4.550, de 27 de dezembro de 2002, e o Decreto nº 5.177, de 12 de agosto de 2004. **Diário Oficial da União**: República Federativa do Brasil - Imprensa Nacional. Brasília, DF: Imprensa Nacional, 5 fev. 2015. n. 25, Seção 1, p. 5-6.



- [12] ANEEL. **Bandeiras Tarifárias**. 2017. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>>. Acesso em: 13 nov. 2017.
- [13] AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **MÓDULO 6.8**: Bandeiras Tarifárias. S/l: A, 2017. 22 p.
- [14] PROCEL. **Manual de Tarifação da Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: 2011. 56 f.
- [15] **CONFAZ**. Ajuste Sinief nº 2, de 22 de abril de 2015. Dispõe sobre os procedimentos relativos às operações de circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, Curtir 0 27/10/2017 aj_002_15 — Conselho Nacional de Política Fazendária CONFAZ
<https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/ajustes/2015/ajuste-sinief-2-15> 3/6 de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. **Diário Oficial da União**. Brasília: Imprensa Nacional, 27 abr. 2015. n. 78, Seção 1, p. 21-22.
- [16] MIR-ARTIGUES, Pere; RÍO, Pablo del. Photovoltaic technologies: The performance under real operation conditions. In: MIR-ARTIGUES, Pere; RÍO, Pablo del. **The economics and policy of solar photovoltaic generation**. Barcelona: Springer, 2016. Cap. 2. p. 17-22.
- [17] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Rio de Janeiro, EPE 2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_23/NT_EnergiaSolar_2012.pdf>. Acesso em: 31 out. 2017.
- [18] TOROINVESTIMENTOS (Brasil). **Rendimento poupança**: Veja os juros da poupança hoje e histórico. 2017. Disponível em: <<https://blog.toroinvestimentos.com.br/rendimento-poupanca-juros>>. Acesso em: 31 maio 2018.
- [19] JASolar (China). **JAP72S01**: 310-330 1500V Cypress Series. Pequim: JASolar Holdings Co., Ltd., 2017.
- [20] **ABB**. **ABB string inverters**: PVI-3.0/3.6/3.8/4.2-TL-OUTD 3.0kW to 4.2kW. S/L: ABB, 2015.
- [21] CANADIANSOLAR (Canadá). **MAXPOWER (1500 V)**: CS6U- 315 | 320 | 325 | 330P. Guelph: Canadian Solar Inc., 2016.
- [22] **ABB**. **ABB string inverters**: TRIO-20.0/27.6-TL-OUTD 20 to 27.6 kW. S/L: Abb, 2017.
- [23] BLASZCZAK, Vinícius. **ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DE PAINEL FOTOVOLTAICO COM SISTEMA TRACKER SEGUIDOR SOLAR**. 2017. 39 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, 2017.



- [24] HUKSEFLUX BRASIL THERMAL SENSORS (Brasil). **SEMS-2000**: O SEMS-2000 é um rastreador solar fornecido pela Geônica. 2018. Disponível em: <<https://huksefluxbrasil.com.br/produto/detalhe/sems-2000/>>. Acesso em: 6 jun. 2018.
- [25] CORTEZ, Ramiro José Monteiro. **Sistema de Seguimento Solar em Produção de Energia Fotovoltaica**. 2013. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2012.
- [26] CASTAÑEDA, Cesar Eduardo Figueroa. **DESENVOLVIMENTO DE UM RASTREADOR SOLAR PASSIVO POR TRANSFERÊNCIA DE MASSA**. 2011. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação de Desenvolvimento em Tecnologia, Curitiba, 2011.
- [27] MARTINS, Frederico Osvaldo. **Seguidor solar de dois eixos com motores passo-a-passo**. 2016. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Energias Renováveis, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2016.
- [28] SANTOS, Gustavo Santana. **DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO QUE MAXIMIZE A CAPTAÇÃO DE LUZ SOLAR**. 2013. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2013.
- [29] SANTOS, Cleverson Augusto da Silva; SILVA, Heros Augusto Antunes; CARVALHO, Jardel Leonardi de. **DESENVOLVIMENTO DE UM MECANISMO DE POSICIONAMENTO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS PARA RASTREAMENTO SOLAR VIA RASPBERRY PI**. 2015. 108 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial Elétrica, Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- [30] CELESC. **Tarifas**. 2017. Disponível em: <<http://www.celesc.com.br/portal/index.php/duvidas-mais-frequentes/1140-tarifa>>. Acesso em: 15 nov. 2017.
- [31] JTHOME. **Placa Painel Módulo Célula Energia Solar Fotovoltaica Canadian com conector mc4 - 330w**. Disponível em: <<https://www.jthome.com.br/placa-painel-modulo-solar/placa-painel-modulo-solar1/320w-ou-330w/placa-painel-modulo-celula-energia-solar-fotovoltaica-canadian-com-conector-mc4-330w/>>. Acesso em: 24 jul. 2018.
- [32] CHAVE Seccionadora Cc Abb Ot16f3 Energia Solar. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1067281066-chave-seccionadora-cc-abb-ot16f3-energia-solar-_JM>. Acesso em: 24 jul. 2018.
- [33] STRING Box: Fusível Gpv 15a 1000v Solar Fotovoltaico (10un). Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-898834159-string-box-fusivel-gpv-15a-1000v-solar-fotovoltaico-10un--_JM>. Acesso em: 24 jul. 2018.



[34] NEOSOLAR. **DPS Schneider PRD-DC40r 1000PV Fotovoltaico**. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/dps-schneider-prd-dc40r-1000pv-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 24 jul. 2018.

[35] SOLVIX ENERGIA SOLAR. **INVERSOR SOLAR FRONIUS PRIMO 3 R\$9.880,20**. Disponível em: <<http://www.solvix.com.br/produto/inversor-solar-fronius-primo-3/>>. Acesso em: 24 jul. 2018.

[36] RIO CONTROL. **DISJUNTOR DR 4 POLOS (DIFERENCIAL RESIDUAL) FUGA TERRA MOD. DZL-1764 (FAB. JNG)**. Disponível em: <<https://riocontrol.com.br/produto/disjuntor-dr-4-polos-fuga-terra-dzl-1764-fab-jng/>>. Acesso em: 24 jul. 2018.

[37] MEDIDOR De Energia Bifásico Bidirecional Microgeração. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1025476411-medidor-de-energia-bifasico-bidirecional-microgeraco-_JM>. Acesso em: 24 jul. 2018.

ABSTRACT

Since 2012, Brazil has legislation that regulates and authorizes the consumer to generate energy in its own consumer unit, through micro-generation and distributed minigeration. The main generation medium used in micro and distributed minigeration systems is photovoltaic modules. The photovoltaic inverter is responsible for converting the voltage and current electricity produced by the photovoltaic panels into voltage and alternating current, following the network of the electricity distributor in which the photovoltaic system is connected. Currently, the high cost of purchasing and deploying photovoltaic systems scares consumers. This causes residential and industrial consumers to question the economic viability of the photovoltaic system. The study carried out in this work shows that the investment in a photovoltaic system is profitable. When compared to savings, it can be seen that the investment income realized in the photovoltaic system is lower than the savings income. The use of solar trackers makes the production of electric energy of the photovoltaic plate increase, however, due to the auto cost, this equipment is little used. The payback period of the investment made in a photovoltaic system with solar tracker is greater than the payback period of the investment made in a fixed system.

Key-words: Photovoltaic System. Investment. Financial feedback.