

# IMPACTOS DOS INCENTIVOS DOS GOVERNOS DO ESTADO E DO MUNICÍPIO NA MICROGERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA EM PALMAS - TO

Allan Carlos do Nascimento Silva – allancns@hotmail.com

Universidade Cândido Mendes, Departamento de Engenharia Elétrica e Eletromecânica

Brunno Henrique Brito – brunno@ifto.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Departamento de Engenharia Elétrica

**Resumo.** O Brasil possui uma matriz elétrica do tipo hidro-termo-eólica, com predominância de usinas hidrelétricas e linhas de transmissão conectadas em todo o território nacional por meio do Sistema Interligado Nacional (SIN). O enorme uso de fonte hídricas na geração de energia elétrica no Brasil é justificado pela sua imensa bacia hidrográfica. No entanto, os cenários hidrológicos cada vez menos previsíveis e com escassez de chuvas têm mostrado necessidade de diversificar as fontes geradoras de energia elétrica no Brasil. Neste cenário, a energia solar fotovoltaica tem se difundido bastante nos últimos anos no País devido aos ótimos índices de irradiação solar e, sobretudo após a publicação da Resolução 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que regulamentou a micro e minigeração distribuída. Logo, este trabalho apresenta o impacto dos incentivos ao aproveitamento de energia solar concedidos pelo governo do Tocantins e a Prefeitura de Palmas com enfoque na viabilidade técnica e econômica da microgeração solar fotovoltaica na cidade de Palmas-TO. Os resultados mostram que, para as residências analisadas, a isenção do ICMS proporcionada pelo estado do Tocantins da energia injetada na rede e o desconto no IPTU proporcionado pela Prefeitura de Palmas fazem o tempo para o sistema se pagar ser adiantado em até 33 meses.

**Palavras-chave:** Energia Solar, Viabilidade, Incentivos Financeiros

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema elétrico brasileiro atualmente é caracterizado pela fonte de geração hidro-termo-eólica com predominância hidrelétrica. Isso ocorre devido às ricas bacias hidrográficas e ao custo de operação reduzido em usinas hidrelétricas se comparado à outras fontes de geração de energia. No entanto, o setor elétrico brasileiro tem enfrentado nos últimos anos problemas para manter o suprimento de energia elétrica à população, uma vez que a demanda vem aumentando bem mais rápido que a capacidade de oferta. Além disso, em algumas épocas do ano tudo se agrava devido aos baixos níveis de água nos reservatórios de importantes usinas hidrelétricas do país (ONS, 2017).

Segundo Finardi (2003), um dos grandes problemas do sistema elétrico brasileiro, é a falta de planejamento a curto e médio prazo nas formas de operação das matrizes elétricas nas últimas décadas. Sabe-se que as usinas hidrelétricas não têm a mesma eficiência no decorrer de todo o ano e, assim, o órgão Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) acaba tendo de recorrer às termelétricas para garantir o fornecimento de energia elétrica no país. Além de ser uma fonte de energia mais cara, as termelétricas são também mais poluentes, devido à queima de combustíveis fósseis para movimentar as turbinas a vapor. Para reduzir a dependência por boas vazões afluentes e os níveis de gases poluentes emitidos na atmosfera é preciso diversificar a matriz elétrica, buscando fontes alternativas e limpas do ponto de vista ambiental e econômico, tais como a energia eólica, solar fotovoltaica e biomassa (Villalva, 2015).

A fonte alternativa que pode ser considerada a melhor no momento, levando em conta o enorme potencial brasileiro, é a energia solar fotovoltaica (ANEEL, 2017). Com o objetivo de regulamentar a micro e minigeração a ANEEL (2012) publicou a Resolução Normativa (RN) nº 482, uma medida importante para estimular a geração distribuída e diversificar a matriz elétrica no Brasil. A microgeração solar fotovoltaica, foco deste trabalho, é definida pela RN nº 687, que alterou a RN 482/2012, como a central geradora de energia conectada à rede de distribuição com potência instalada de até 75 kW (ANEEL, 2015).

O Tocantins é bastante privilegiado pelos bons índices de irradiação solar em praticamente todo o seu território devido à sua posição geográfica. O governo do estado do Tocantins (2015), com o objetivo de incentivar a micro e minigeração solar distribuída, o publicou o decreto nº 5338 que isenta o imposto de circulação de mercadorias e serviços (ICMS) em 25% sobre a energia gerada por um sistema solar fotovoltaico e isenta o ICMS de 18% na compra de equipamentos necessários para sua implantação. Com esses benefícios a unidade consumidora que possuir um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR) no Tocantins não pagará o ICMS sobre a energia consumida da rede da concessionária a título de compensação, pagará apenas os valores referentes à diferença entre o consumo e a energia gerada no SFCR, além de garantir um desconto na compra dos equipamentos.

A Prefeitura de Palmas (2015), também procurando incentivar a instalação de sistemas fotovoltaicos na capital, criou o programa Palmas Solar com a lei complementar nº 327. Esta lei estabelece desconto de até 80% do imposto predial e territorial urbano (IPTU), dentre outros impostos municipais, proporcional ao índice de aproveitamento do

sistema de energia solar. De acordo com o decreto nº 1220 da Prefeitura de Palmas (2016), que regulamenta a lei complementar 327/2015, se a geração média mensal for maior ou igual ao consumo médio mensal no período de 12 meses o desconto do IPTU será de 80%.

Assim, dentro deste panorama, este trabalho tem o intuito de apresentar um estudo de caso em quatro residências na cidade de Palmas, onde são analisados os impactos dos incentivos estadual e municipal em relação aos sistemas fotovoltaicos conectados à rede, mostrando assim as vantagens da implantação de sistemas de microgeração fotovoltaica, tendo como base as viabilidades técnica e econômica e o tempo de retorno do investimento.

## 2. ESTUDO DE CASO

Para obtenção dos resultados deste trabalho, inicialmente é realizado o levantamento dos dados necessários para dimensionamento do projeto de instalação de um sistema de microgeração solar fotovoltaica em quatro residências da cidade de Palmas/TO, denominadas residências A, B, C e D. Na sequência, são feitos os estudos referentes à estimativa de geração e o tempo de retorno do investimento (*payback*), levando em conta o desconto de 80% do IPTU e a isenção do ICMS sobre a energia injetada na rede elétrica, a fim de apresentar as viabilidades técnica e econômica da instalação de um SFCR. As unidades consumidoras apresentadas nesse estudo de caso têm sua energia elétrica fornecida pela concessionária local, grupo Energisa Tocantins, com conexão monofásica.

Após o dimensionamento de cada residência, são calculadas as estimativas de geração dos SFCR's e comparadas com a energia consumida pelas residências A, B, C e D no período de agosto de 2016 a julho de 2017. Dois fatores são relevantes para o cálculo da estimativa de geração do SFCR para os próximos anos: as perdas de 8% na conversão de energia solar em elétrica; e a depreciação anual do módulo igual a 0,7%. Ambos os valores adotados para cálculo foram informados no *datasheet* do fabricante dos módulos fotovoltaicos.

### 2.1 Viabilidade econômica

São analisados dois casos para cada residência, onde cada um apresenta um tempo de retorno diferente. No primeiro caso será levado em consideração o *payback* sem levar em conta a isenção do ICMS e o desconto do IPTU. Já no segundo caso é apresentado o *payback* considerando o desconto do IPTU e a isenção do ICMS. O objetivo de apresentar dois casos distintos é mostrar o impacto dos incentivos concedidos pelos governos estadual e municipal no tempo de retorno do investimento em um SFCR instalado em Palmas. No primeiro caso é considerado o valor do kWh igual a R\$ 0,76430, que é o valor do kWh injetado na rede (vendido pela concessionária a outros consumidores) pelo SFCR considerando o benefício da isenção do ICMS. No segundo caso, o valor do kWh injetado na rede é igual a R\$ 0,57323 (sem ICMS), nessa ocasião o cliente pagaria a energia consumida da rede com ICMS incluso. O rendimento foi calculado tendo como base o valor em reais por kWh pagos à concessionária Energisa Tocantins. No entanto, sabe-se que a tarifa de energia tem seu valor reajustado pelo menos uma vez ao ano, assim é necessário calcular o rendimento para os próximos anos considerando esse reajuste.

Um estudo realizado por Nakabayashi (2014), em que foi avaliado o custo de energia nas 27 capitais brasileiras, mostra que a média de reajuste tarifário para os próximos 12 anos é igual a 5,6% em Palmas. Deste modo, para o cálculo do rendimento do SFCR para os próximos 12 anos será utilizado neste trabalho o valor médio de 5,6% de reajuste tarifário a cada ano.

Para análise do tempo de retorno do investimento foi utilizada uma ferramenta da matemática financeira denominada *payback* descontado. Diferentemente do *payback* simples, o descontado considera uma taxa de desconto anual que nesse caso é o valor economizado em tarifas de energia, além de outros fatores que influenciam o rendimento a cada ano. Assim o *payback* descontado apresenta um valor mais confiável quanto maior for o período analisado.

### 2.2 Dimensionamento e tempo de retorno do investimento da residência A

A residência A serviu de base para o estudo de viabilidade técnica e econômica deste trabalho. A mesma fica localizada na quadra 204 Sul, bairro Plano Diretor Sul. Essa residência dispõe de uma área edificada de 141,29 m<sup>2</sup>. O IPTU anual cobrado pela prefeitura à residência A é no valor de R\$ 1225,00 (mil duzentos e vinte e cinco reais). O consumo médio mensal da residência A é de 431,08 kWh. Dividindo o valor do consumo por 30 (quantidade média de dias de um mês) pode-se obter o consumo médio diário (Cmd). Então:  $Cmd = 431,08 / 30 = 14,37$  kWh. O valor da irradiância solar diária média (*Is*) na cidade de Palmas é 5,12 kWh/m<sup>2</sup>.dia de acordo com dados do Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL, 2014). O rendimento do sistema (*ηs*), de acordo com o fabricante, é de 92%. Assim, em posse desses dados, pode-se encontrar através da Eq. 1 o valor da potência instalada do sistema que a residência necessitará (Villalva, 2015).

$$P_i = \frac{Cmd}{Is} \times \frac{1}{\eta_s\%} \quad (1)$$

Onde: *P<sub>i</sub>* - potência instalada; *Cmd* - consumo médio diário; *Is* – irradiância solar diária média; *ηs* - rendimento do sistema.

Realizando os cálculos obtém-se:

$$P_i = \frac{14,37}{5,12} \times \frac{1}{92\%}$$

$$P_i = 3,05 \text{ kWp}$$

$$P_i \cong 3,12 \text{ kWp}$$

De acordo com os cálculos realizados, e adequando o valor encontrado para os kits de equipamentos de geração fotovoltaica disponíveis, foi obtido o valor da potência necessária para o sistema fotovoltaico igual a 3,12 kWp, o que equivale a 12 painéis fotovoltaicos com potência de 260 W cada.

Incluindo todos os custos referentes ao projeto, aquisição, frete, e instalação do sistema fotovoltaico proposto para a residência A, a despesa total foi estimada em R\$ 24.064,96 (vinte e quatro mil e sessenta e quatro reais e noventa e seis centavos), conforme descrito na Tab. 1.

Tabela 1 - Custos da instalação do SFCR proposto para a Residência A.

DESCRIÇÃO DA DESPESA	R\$
Materiais e equipamentos	19.264,96
Mão de Obra/instalação	1.800,00
Elaboração do Projeto	2.000,00
Frete	1000,00
<b>Valor total</b>	<b>24.064,96</b>

A capacidade de geração desse sistema foi calculada através da Eq. 2 (Villalva, 2015):

$$GT = n \times I_s \times P_{\text{máx}} \times N_p \quad (2)$$

Onde:  $GT$  – Geração total (kWh);  $n$  – Número de dias no ano;  $I_s$  – irradiância solar diária média (kWh/m<sup>2</sup>.dia);  $P_{\text{máx}}$  – Potência máxima do painel fotovoltaico (kWp);  $N_p$  – Número de painéis.

Assim, foram obtidos os resultados apresentados na Tab. 2, onde são mostrados os valores da estimativa de geração a cada ano para um período de doze anos e o tempo de retorno do investimento.

Tabela 2 - Tempo de Retorno do Investimento (*Payback* descontado) do SFCR sem o desconto do IPTU e sem isenção do ICMS na residência A.

Payback SEM isenção do ICMS e SEM desconto no IPTU						
Tempo	Geração com Depreciação	Geração com Perdas	Tarifa de Energia (R\$/kWh)	Rendimento R\$	Desconto no IPTU (R\$)	Saldo R\$
1	6036,61	5553,68	0,57323	3183,54	0,00	-R\$ 24.064,96
2	5994,35	5514,81	0,60533	3338,28	0,00	-R\$ 20.881,42
3	5952,39	5476,20	0,63923	3500,55	0,00	-R\$ 17.543,14
4	5910,73	5437,87	0,67503	3670,70	0,00	-R\$ 14.042,59
5	5869,35	5399,80	0,71283	3849,13	0,00	-R\$ 10.371,89
6	5828,27	5362,00	0,75275	4036,23	0,00	-R\$ 6.522,76
7	5787,47	5324,47	0,79490	4232,42	0,00	-R\$ 2.486,53
7 anos e 1 mês	597,20	549,43	0,83941	461,19	0,00	-R\$ 2.025,34
7 anos e 2 meses	489,39	450,23	0,83941	377,93	0,00	-R\$ 1.647,41
7 anos e 3 meses	496,07	456,38	0,83941	383,09	0,00	-R\$ 1.264,31
7 anos e 4 meses	466,08	428,79	0,83941	359,93	0,00	-R\$ 904,38
7 anos e 5 meses	479,70	441,32	0,83941	370,45	0,00	-R\$ 533,93
7 anos e 6 meses	467,17	429,79	0,83941	360,77	0,00	-R\$ 173,16

7 anos e 7 meses	450,55	414,50	0,83941	347,94	0,00	R\$ 174,78
8	5746,96	5287,20	0,83941	4438,15	0,00	R\$ 1.745,89
9	5706,73	5250,19	0,88642	4653,88	0,00	R\$ 6.184,04
10	5666,78	5213,44	0,93606	4880,10	0,00	R\$ 10.837,92
11	5627,11	5176,94	0,98848	5117,31	0,00	R\$ 15.718,02
12	5587,72	5140,70	1,04384	5366,05	0,00	R\$ 20.835,32

A partir dos dados obtidos na Tab. 2 percebe-se que o sistema fotovoltaico da residência A se pagará em 7 anos e 6 meses, totalizando 90 meses para liquidar o investimento.

Para visualizar melhor o impacto dos benefícios oferecidos pelo Estado do Tocantins e pelo Município de Palmas, a Tab. 3 apresenta o *payback* com isenção do ICMS e com desconto do IPTU.

Tabela 3- Tempo de Retorno do Investimento (*Payback* descontado) do SFCR proposto para a residência A considerando incentivos de IPTU e ICMS.

Payback da Residência A - COM isenção do ICMS e COM desconto do IPTU						
Tempo (ano)	Geração com Depreciação	Geração com Perdas	Tarifa de Energia (R\$/kWh)	Rendimento R\$	Desconto no IPTU (R\$)	Saldo R\$
1	6036,61	5553,68	0,7643	4244,68	980,00	-R\$ 24.064,96
2	5994,35	5514,81	0,80710	4451,00	980,00	-R\$ 18.840,28
3	5952,39	5476,20	0,85230	4667,36	980,00	-R\$ 13.409,28
4	5910,73	5437,87	0,90003	4894,23	980,00	-R\$ 7.761,92
5	5869,35	5399,80	0,95043	5132,13	980,00	-R\$ 1.887,69
5 anos e 1 mês	597,92	550,09	1,00365	552,10	0,00	-R\$ 1.335,59
5 anos e 2 meses	489,97	450,78	1,00365	452,42	0,00	-R\$ 883,17
5 anos e 3 meses	496,67	456,93	1,00365	458,60	0,00	-R\$ 424,57
5 anos e 4 meses	466,64	429,31	1,00365	430,88	0,00	R\$ 6,31
5 anos e 5 meses	480,27	441,85	1,00365	443,46	0,00	R\$ 449,77
6	5828,27	5362,00	1,00365	5381,59	0,00	R\$ 4.224,44
7	5787,47	5324,47	1,05986	5643,18	0,00	R\$ 9.606,03
8	5746,96	5287,20	1,11921	5917,48	0,00	R\$ 15.249,21
9	5706,73	5250,19	1,18188	6205,12	0,00	R\$ 21.166,69
10	5666,78	5213,44	1,24807	6506,74	0,00	R\$ 27.371,81
11	5627,11	5176,94	1,31796	6823,02	0,00	R\$ 33.878,55
12	5587,72	5140,70	1,39177	7154,67	0,00	R\$ 40.701,56

De acordo com os dados apresentados na Tab. 3, pode-se constatar que o sistema fotovoltaico proposto para a residência A se pagará em 5 (cinco) anos e três meses, ou seja, 63 meses, e no décimo ano de operação o consumidor já teria economizado em faturas de energia e IPTU o valor equivalente a outro SFCR com as mesmas características deste projeto. Assim, a partir dos dados apresentados, pode-se afirmar que é bastante viável a instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede nessa residência, onde a economia do IPTU nos cinco anos concedidos pela prefeitura totalizará um valor de R\$ 4.900,00. Deste modo, observa-se que os benefícios do desconto do IPTU e a isenção do ICMS sobre a energia consumida da rede podem causar grande impacto no tempo de retorno do investimento de um SFCR em Palmas.

A Fig. 1 apresenta as curvas dos fluxos de caixa financeiros em função do tempo (anos) com e sem os benefícios concedidos pelos governos estadual e municipal.

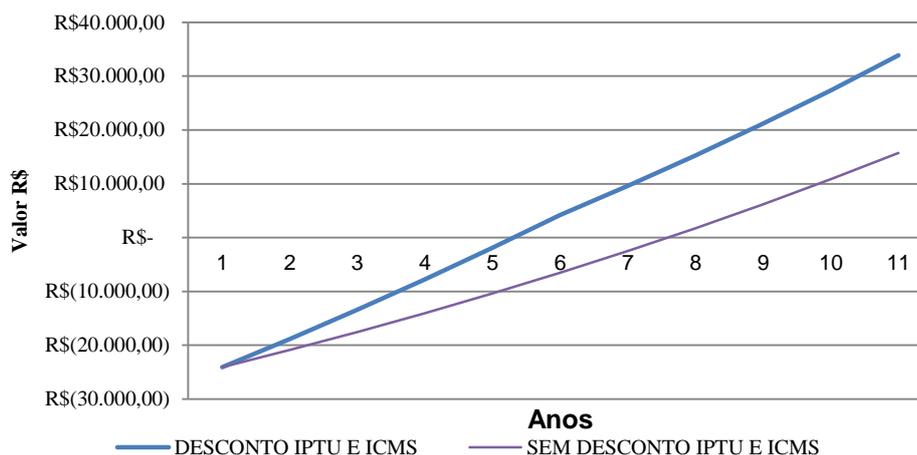


Figura 1 - Curva do rendimento financeiro em função do tempo da residência A.

Portanto é possível perceber através da Fig. 1 o grande impacto que os incentivos dos governos do estado e do município causam na microgeração solar fotovoltaica em Palmas, pois conforme os dados deste segundo caso, que considerou a isenção do ICMS e o desconto do IPTU, percebe-se que o tempo de retorno do investimento é bem menor que o primeiro caso que não considerou os dois benefícios.

### 2.3 Dimensionamento e tempo de retorno do investimento da residência B

O método utilizado para cálculo do tempo de retorno do investimento da residência B foi o mesmo da residência A (base do estudo de caso), ou seja, o *payback* descontado. Desta forma, foi calculado o *payback* com os dados da geração do SFCR considerando o fator de depreciação de 0,7% a cada ano de operação e com as perdas de 8% na conversão de energia.

Considera-se aqui uma residência localizada na quadra 603 Sul na cidade de Palmas com um consumo médio mensal de 291,66 kWh. Deste modo, para o cálculo do tempo de retorno do investimento foi considerado o valor total do sistema de 2,08kWp proposto para a residência B estimado em R\$ 19.248,00, incluindo todos os custos referentes à instalação do sistema fotovoltaico e também o valor do IPTU de R\$ 925,00 (novecentos e vinte e cinco reais). Então o desconto de 80% concedido pela prefeitura seria igual a R\$ 740,00 (setecentos e quarenta reais).

Portanto, foi encontrado no primeiro caso, onde é levado em consideração o desconto do IPTU e a isenção do ICMS, o tempo de retorno do investimento da residência B igual a 71 meses. No segundo caso, onde o *payback* não levou em conta a isenção do ICMS e o desconto do IPTU, o tempo de retorno do investimento será com 104 meses.

A curva do rendimento financeiro em função do tempo para a residência B está explicitada na Fig. 2, onde se pode perceber a diferença entre cada caso.

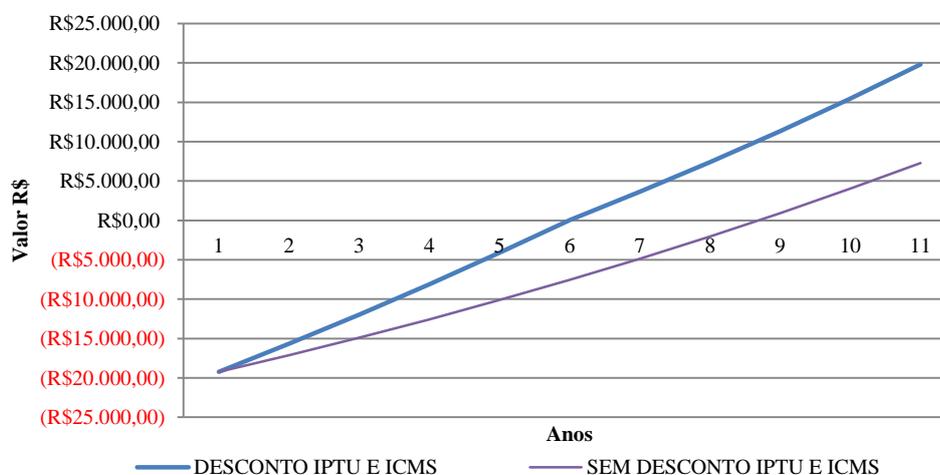


Figura 2 - Curva do rendimento financeiro em função do tempo da residência B.

Com os resultados do tempo de retorno do investimento e analisando a Fig. 2, é possível constatar que a instalação de um sistema fotovoltaico na residência B e em outras residências com as mesmas características é bastante viável, pois apesar do consumo anual dessa unidade consumidora não ser tão alto, ela terá grande economia em faturas de energia por ano e no desconto anual do IPTU durante cinco anos. Percebe-se também o impacto dos incentivos financeiros dos governos estadual e municipal no tempo de retorno do investimento.

#### 2.4 Dimensionamento e tempo de retorno do investimento na residência C

Para a análise da residência C é considerada uma casa localizada na quadra 406 Norte na cidade de Palmas, ou seja, foi feito o estudo para uma localidade mais distante das outras residências apresentadas anteriormente, a fim de apresentar a viabilidade em diferentes pontos da cidade com valores distintos de IPTU. A residência C possui um consumo médio mensal 379,75 kWh e o valor pago de IPTU é de R\$ 456,00 (quatrocentos e cinquenta e seis reais). Então, o desconto anual do IPTU de 80% concedido pela prefeitura seria igual a R\$ 364,80 (trezentos e sessenta e quatro reais e oitenta centavos), totalizando R\$ 1.824,00 (mil oito centos e vinte e quatro reais) nos cinco anos de concessão desse benefício. O valor total do sistema proposto para a Residência C foi estimado em R\$ 22.069,28 (Vinte e dois mil e sessenta e nove reais e vinte e oito centavos) com uma potência de 2,60 kWp.

Os resultados obtidos para a residência C foram os seguintes: no primeiro caso (com desconto do IPTU e a isenção do ICMS) o tempo de retorno do investimento é igual a 73 meses; e no segundo caso (sem a isenção do ICMS e sem o desconto do IPTU) o tempo de retorno do investimento será com 97 meses. A diferença de tempo entre cada caso está explicitada na Fig. 3, onde é possível perceber, assim como nos estudos anteriores das residências A e B, que o tempo de retorno do investimento é bem menor quando se considera os dois incentivos financeiros.

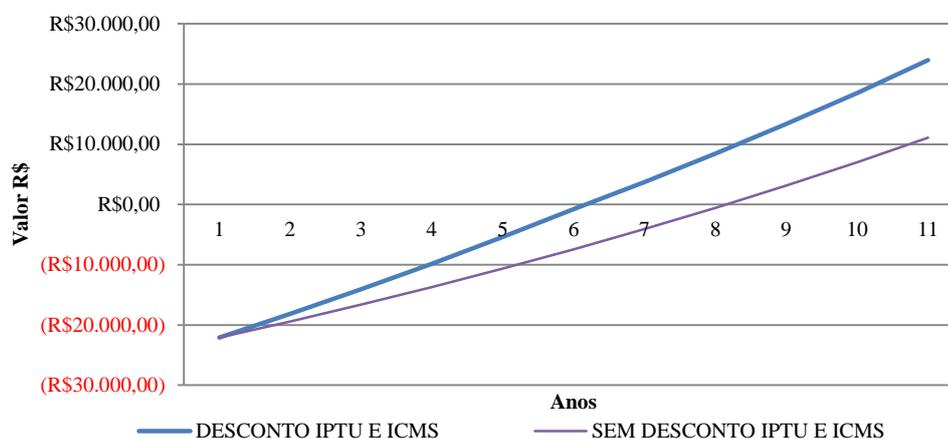


Figura 3 - Curva do rendimento financeiro em função do tempo da residência C.

Analisando a Fig. 3 pode-se afirmar que é bastante viável, do ponto de vista econômico, a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede numa residência na localidade e com as características da residência C em Palmas.

#### 2.5 Dimensionamento e tempo de retorno do investimento na residência D

Por fim apresenta-se neste tópico a análise de viabilidade de mais uma unidade consumidora denominada residência D localizada na quadra 806 Sul na cidade de Palmas. A residência D tem um consumo médio mensal de energia elétrica bastante superior em relação às outras analisadas anteriormente, de 626,66 kWh, e o SFCR proposto é de 4,16 kWp, tendo um custo total de R\$ 30.612,61 (trinta mil seiscentos e doze reais e sessenta e um centavos).

Considera-se também para o cálculo do *payback* o valor do IPTU de R\$ 455,81 (quatrocentos e cinquenta e cinco reais e oitenta e um centavos), que representa o valor pago por um imóvel com as características da residência D na quadra 806 Sul em Palmas. Logo, o desconto anual do IPTU de 80% concedido pela prefeitura seria igual a R\$ 364,65 (trezentos e sessenta e quatro reais e sessenta e cinco centavos), totalizando R\$ 1.823,25 (mil oito centos e vinte e três reais e vinte e cinco centavos) nos cinco anos de concessão deste benefício.

Portanto, com os dados obtidos nos cálculos do *payback* foi encontrado que no primeiro caso onde é levado em consideração o desconto do IPTU e a isenção do ICMS o tempo de retorno do investimento foi igual a 68 meses. Já no segundo caso, onde o *payback* não levou em conta a isenção do ICMS e o desconto do IPTU, o tempo de retorno do investimento será com 87 meses. A Fig. 4 possibilita analisar cada curva de rendimento financeiro em função do tempo da residência D.

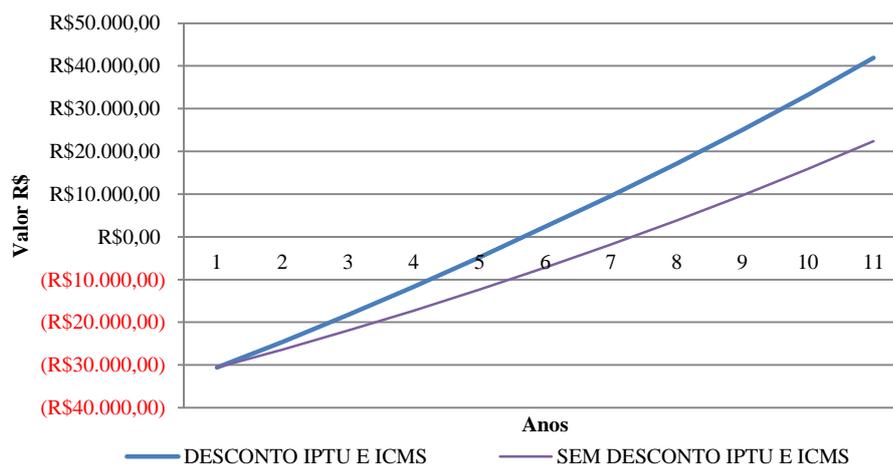


Figura 4 - Curva do rendimento financeiro em função do tempo da residência D.

## 2.6 Síntese dos resultados

A partir dos resultados do tempo de retorno do investimento considerando o incentivo do desconto do IPTU e da isenção do ICMS na energia consumida da rede nas quatro residências analisadas (A, B, C e D), foi elaborado um comparativo para cada caso entre as residências. O objetivo desse comparativo, apresentado na Tab. 4, é mostrar a viabilidade econômica da instalação de um SFCR nos diferentes tipos de residências, localizadas em regiões distintas na cidade de Palmas.

Tabela 4 - Comparativo do tempo de retorno do investimento entre as quatro residências analisadas.

	CASOS SIMULADOS		PAYBACK (MESES)	
	Consumo anual (kWh)	Valor do IPTU (R\$)	Com incentivos	Sem incentivos
Residência A	5173	1225,00	63	90
Residência B	3500	925,00	71	104
Residência C	4557	456,00	73	97
Residência D	7520	455,81	68	87

Na Tab. 4 pode-se observar a diferença no tempo do retorno do investimento do SFCR nas quatro residências com e sem incentivos fiscais proporcionados pelo estado do Tocantins e pelo município de Palmas. Com os incentivos fiscais, por exemplo, todas as residências apresentam um baixo tempo de retorno do investimento em comparação aos dados sem incentivos fiscais, uma vez que o primeiro caso considera os dois incentivos adotados no cálculo do *payback* neste trabalho, ou seja, o desconto de 80% do IPTU concedido pela Prefeitura de Palmas e a isenção do ICMS na energia consumida da rede.

## 3. CONCLUSÃO

A realização deste trabalho por meio de levantamentos bibliográficos e estudos de casos mostrou a viabilidade técnica e econômica da instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede na cidade de Palmas.

Os incentivos financeiros também são necessários para o crescimento do uso de energia solar. Neste trabalho foi possível perceber o grande impacto que os incentivos concedidos pelo governo do estado do Tocantins e pela prefeitura causam no tempo de retorno do investimento de sistemas fotovoltaicos conectados à rede em Palmas.

Conforme foi apresentado neste trabalho o tempo de retorno do investimento em todas as quatro residências analisadas variou de 5 a 6 anos para o cálculo considerando o desconto de 80% do IPTU e a isenção do ICMS na energia consumida da rede e de 7 a pouco mais de 8 anos nas situações em que não foram considerados nenhum dos incentivos. Então, é possível afirmar que esses incentivos financeiros causam um grande impacto positivo na microgeração solar fotovoltaica em Palmas.

O objetivo da apresentação desse tempo de retorno do investimento é mostrar para a sociedade a viabilidade do investimento, pois se qualquer pessoa física desejar adquirir um empréstimo para instalação de um sistema fotovoltaico e parcelá-lo em 60 ou 70 meses, poderá custear tais parcelas com o dinheiro que pagaria pelas faturas de energia para a concessionária e ao final do empréstimo estaria com o sistema quitado e sem pagar pelo consumo de energia, pois este seria suprido do sistema fotovoltaico. Além de tudo, a viabilidade econômica da instalação de SFCR's se justifica

também pelo fato de que o retorno do investimento se dá em torno de 5 a 6 anos, considerando os incentivos, financeiros e os fabricantes dos módulos fotovoltaicos estimam em torno de 25 anos o funcionamento do sistema, enquanto sua vida útil é estimada em torno de 30 anos, ou seja, após o retorno financeiro do investimento a unidade consumidora teria mais de 20 anos de uso do sistema sem pagar altos valores de faturas de energia elétrica.

### **Agradecimentos**

À Deus, por toda a força, motivação e inspiração e às pessoas que colaboraram de alguma forma para a pesquisa e elaboração deste trabalho.

Aos amigos que disponibilizaram os dados de suas residências para realização do estudo de caso.

### **REFERÊNCIAS**

- ANEEL, 2012. Resolução Normativa N° 482, de 17 de abril de 2012, Agência Nacional de Energia Elétrica, [S.l.].
- ANEEL, 2015. Resolução Normativa N° 687, de 24 de novembro de 2015, Agência Nacional de Energia Elétrica, [S.l.].
- ANEEL, 2017. Nota Técnica n° 0056/2017, de 24 de maio de 2017, Agência Nacional de Energia Elétrica, [S.l.].
- CEPEL, 2014. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, Rio de Janeiro.
- Finardi, E. C., 2003. Alocação de Unidades Geradoras Hidrelétricas em Sistemas Hidrotérmicos Utilizando Relaxação Lagrangeana e Programação Quadrática Sequencial, Tese de Doutorado, PPGEEL, UFSC, Florianópolis.
- Governo do Estado do Tocantins, 2015. Decreto N° 5338, de 20 de novembro de 2015, Palmas.
- Nakabayashi, R., 2014. Microgeração Fotovoltaica no Brasil: Viabilidade Econômica, Dissertação de Mestrado, PPGE, USP, São Paulo.
- ONS, 2017. Sistemas Isolados. Disponível em: < <http://ons.org.br> >. Acesso em: 31 out. 2017.
- Prefeitura de Palmas, 2015. Lei Complementar N° 327 de 24 de novembro de 2015, Palmas.
- Prefeitura de Palmas, 2016. Decreto N° 1220 de 28 de março, Palmas.
- Villalva, M. G., 2015. Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações, Érica.

### **IMPACTS OF THE INCENTIVES OF STATE AND MUNICIPAL GOVERNMENTS IN THE PHOTOVOLTAIC SOLAR MICROGENERATION IN PALMAS - TO**

**Abstract.** *Brazil has a hydroelectric-wind-type electrical matrix, with a predominance of hydroelectric plants and transmission lines connected throughout the national territory through the National Interconnected System (SIN). The enormous use of hydroelectric sources in the generation of electric energy in Brazil is justified by its immense hydrographic basin. However, hydrological scenarios that are less predictable and have a shortage of rainfall have shown a need to diversify the sources of electricity generation in Brazil. In this scenario, photovoltaic solar energy has been widespread in recent years in the country due to the excellent solar irradiation rates and, especially after the publication of Resolution 482/2012 of the National Electric Energy Agency (ANEEL), which regulated micro and small-scale distributed. Therefore, this work presents the impact of the incentives for the use of solar energy granted by the government of Tocantins and the City of Palmas, focusing on the technical and economic viability of solar photovoltaic microgeneration in the city of Palmas-TO. The results show that, for the residences analyzed, the ICMS exemption provided by the Tocantins state of the energy injected into the network and the IPTU discount provided by the City of Palmas with payback of 33 months.*

**Key words:** *Solar Energy, Feasibility, Financial Incentives*