

IMPACTO DA LEI PALMAS SOLAR NA ANÁLISE FINANCEIRA DA MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM PALMAS - TO

Isamara Quirino de Castro Carlos – isamaracarlos@gmail.com

Brunno Henrique Brito – brunno@ifto.edu.br

Felipe Tozzi Bittencourt – felipe.bittencourt@ifto.edu.br

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Palmas

Resumo. Após a regulamentação dos sistemas de geração distribuída em 2012, por meio da Resolução Normativa nº 482 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), atualizada em 2015 pela Resolução Normativa nº 687 de 24 de novembro, os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR) têm ficado cada vez mais atrativos devido às quedas frequentes nos custos dos sistemas e às altas periódicas nas tarifas de energia. Nesse sentido, este artigo realiza o estudo do impacto da Lei Palmas Solar, que incentiva a inserção de SFCR no município de Palmas - TO, na viabilidade econômica dos sistemas de Microgeração Distribuída. Para isso, inicialmente é realizado o estudo do tempo de retorno financeiro e, na sequência, é realizada uma análise comparativa entre se investir no SFCR ou em uma aplicação de renda fixa. Os resultados aqui apresentados mostram que a economia gerada pelo SFCR pode fazer este sistema se pagar entre 33 e 69 meses e que o valor acumulado investindo-se em um SFCR à longo prazo pode ficar até 4,4 vezes maior que o valor acumulado investindo em renda fixa. Os resultados também mostram que os incentivos da Lei Palmas Solar podem fazer o sistema se pagar até 32 meses mais rápido.

Palavras-chave: Energia Solar, Viabilidade, Microgeração.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de geração e transmissão de energia elétrica brasileiro possui matriz energética hidro-termo-eólica com predominância hídrica (ONS), sendo que o potencial hidráulico corresponde a cerca de 61% da mesma (ANEEL, 2017). Para diminuir os custos de produção de energia elétrica, é necessário que haja índices pluviométricos satisfatório (BRITO, 2015). Além disso, existe cada vez menos viabilidade de construção de grandes usinas hidrelétricas próximas aos grandes centros de carga, o que resulta em construções de linhas de transmissão maiores, uma vez que linhas mais longas causam mais perdas de energia. Em virtude da distância das usinas hidrelétricas até suas cargas e a dependência por bons índices pluviométricos, faz-se necessário intensificar a geração distribuída, também conhecida como geração próxima à carga (FINARDI, 2003).

Nesse cenário, a geração distribuída de fontes renováveis de energia tem sido gradualmente incentivada a nível global. No Brasil, por exemplo, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou em 2012 a Resolução Normativa nº 482, posteriormente atualizada em 2015 pela resolução nº 687, que regulamenta a inserção da microgeração (sistemas de até 75kW de potência) e da minigeração (sistemas maiores que 75kW e menores que 5MW de potência) distribuída de fontes renováveis de energia e apresenta o sistema de compensação da energia elétrica produzida e injetada na rede elétrica (ANEEL, 2016).

Após a publicação da Resolução 482, a inserção de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR) têm se destacado. Alguns dos fatores que podem ter contribuído para essa tendência pelo uso dos SFCR's são: praticidade na instalação, baixo custo de manutenção, tendência de queda nos custos dos SFCR's nos últimos anos, altas frequentes nas tarifas de energia das concessionárias. Nesses cenários, a ANEEL tem projetado um crescimento exponencial da inserção de SFCR's (ANEEL, 2017).

Nos SFCR's, a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos passa por um inversor, que tem a função de sincronizar a energia gerada pelo sistema fotovoltaico com a energia da rede elétrica, e é conectada à rede elétrica da concessionária de energia. Nesse caso, ocorre o sistema de compensação, onde a unidade consumidora troca energia elétrica com a concessionária, ou seja, a unidade consumidora fornece energia elétrica à rede quando o consumo é menor que a geração fotovoltaica e consome a energia elétrica da rede quando a geração é menor que o consumo. O sistema de compensação baseia-se em créditos de energia. Quando a energia gerada com a energia consumida apresentarem um balanço líquido positivo, são gerados créditos de energia que podem ser utilizados para abater o consumo nos meses subsequentes (ANEEL, 2016).

Os moradores do município de Palmas - TO têm motivos para acreditar na geração fotovoltaica. A capital do estado do Tocantins possui índices médios de irradiação solar (que está diretamente ligado à geração de um módulo fotovoltaico) equivalente ao dobro dos índices do país com a maior capacidade instalada de geração fotovoltaica (Alemanha) (SWERA, 2017). Palmas - TO também é privilegiada em incentivos fiscais por parte do governo estadual e municipal, dentre os quais se destacam o desconto de até 80% do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) por 5 anos proporcional ao índice de aproveitamento de energia solar, do Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza

(ISSQN), e do Imposto de Transferência de Bens Imóveis (ITBI), concedido pela Lei Complementar nº 327 de 2015. Além disso, existe a isenção de 25% do Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) sobre a energia injetada na rede elétrica, concedido pelo governo do Estado do Tocantins em novembro de 2015 por meio do Decreto nº 5338.

Todos esses incentivos governamentais e os bons índices de irradiação solar sugerem um bom investimento em SFCR's em Palmas - TO. Deste modo, o presente artigo visa analisar a viabilidade econômica, com foco no desconto do IPTU proporcionado pela Lei Palmas Solar, de um sistema de microgeração fotovoltaico na cidade de Palmas - TO.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho consiste inicialmente em pesquisas bibliográficas, análises de artigos, normas técnicas de distribuição, resoluções, monografias e sites especializados para conhecer o processo de geração fotovoltaica, os detalhes técnicos relativos aos SFCR's, e as ferramentas relativas às análises econômicas. Na sequência, foi realizada uma pesquisa de campo para levantar os custos dos sistemas em Palmas - TO. Por fim, foi utilizado o programa computacional EXCEL para realizar as diversas simulações dos SFCR's.

A proposta desse artigo consiste em fazer duas análises para diversos sistemas de microgeração fotovoltaicos. A primeira análise consiste no estudo de tempo de retorno do investimento dos diversos sistemas. Já a segunda análise consiste em uma análise comparativa entre investir em renda fixa ou no SFCR.

Para realizar o estudo de tempo de retorno de investimento, foi necessário seguir, na sequência, as seguintes etapas:

- Estimar a geração mensal de cada sistema considerando a Equação 1 (VILLALVA; GAZOLI, 2015).

$$G = P \times I \times n \times \eta \quad (1)$$

Onde: P = Potência instalada do sistema (Wp); I = irradiação solar incidente no plano do sistema (KWh/m². dia); n = número de unidades do intervalo de tempo a ser considerado (horas, dias, meses); η = rendimento.

- Considerar a depreciação anual na geração especificada pelos painéis fotovoltaicos.
- Estimar o custo de cada sistema considerando: o preço base do kit de energia solar que forma o sistema fotovoltaico, o valor do projeto necessário para a instalação do sistema, o valor da mão de obra para instalação do sistema e uma margem para eventuais gastos extras que possam surgir.
- Utilizar a ferramenta matemática denominada *payback* descontado (tempo de retorno sobre o investimento). Para a estimativa da economia mensal proporcionada pelo sistema, foi considerada a Equação 2 (CURY; SOUZA; GONÇALVES; FILHO, 2012).

$$VP_{FCP} = FC_P \div (1 + TMA)^P \quad (2)$$

Onde: VP – valor presente líquido da economia proporcionada pelo sistema; FC – fluxo de caixa dado pelo produto da tarifa da energia vigente multiplicado pela geração daquele mês; TMA – taxa mínima de atratividade; P – períodos, em anos, futuros considerados.

Para realizar a análise comparativa entre investir em renda fixa ou no SFCR, foi necessário seguir as seguintes etapas:

- Estimar o rendimento de um valor igual ao do sistema fotovoltaico em uma aplicação de renda fixa ao longo de 25 anos, tempo médio de vida útil do SFCR;
- Investir em um SFCR e estimar o rendimento das aplicações das economias proporcionadas pelo sistema na mesma carteira de renda fixa que considera rendimento da aplicação anterior.
- Verificar o mês que o valor dos investimentos se igualam;
- Comparar os valores acumulados ao final de 15 anos e 25 anos, considerando a troca do inversor após 15 anos (tempo médio de vida útil) (ANEEL, 2017).

3. RESULTADOS

Para a obtenção dos resultados apresentados a seguir, foi considerado: rendimento do sistema de 80%; irradiações médias mensais obtidas pelos dados da NASA, com média anual de 5,36 kWh/m².dia (SWERA, 2017); depreciação de 0,6% ao ano na geração do painel fotovoltaico; tarifa vigente de R\$0,80367/kWh; reajuste anual médio de 5,6% na tarifa de energia (Nakabayashi, 2014); desconto da meta da inflação (TMA = 4,5%); taxa de rendimento de renda fixa igual a 0,6% ao mês; troca do inversor após 15 anos (ANEEL, 2017); e descontos médios de IPTU's variando entre R\$0,00 e R\$1.600,00.

Os custos levantados para os SFCR's simulados, bem como a geração anual de cada sistema, podem ser conferidos na Tab. 1. Os orçamentos foram realizados considerando painéis fotovoltaicos de 320Wp.

Tabela 1 - Custos e gerações anuais de sistemas em Palmas - TO

SFCR (kWp)	Base (R\$)	Mão de Obra (R\$)	Projeto (R\$)	Outros (R\$)	TOTAL (R\$)	Custo por kWp (R\$/kWp)	Geração Anual (kWh)
1,28	6622	600	1500	500	922	7204	2003
1,6	8010	750	1500	500	10760	6725	2504
1,92	9999	900	1500	500	12899	6718	3005
2,56	11581	1200	2000	600	15381	6008	4007
3,2	12661	1500	2000	600	16761	5238	5008
3,84	15615	1800	2000	600	20015	5212	6010
4,48	16937	2100	2000	600	21637	4829	7012
5,12	17458	2400	2000	750	22608	4416	8013
5,76	19397	2700	2000	750	24847	4314	9015
6,4	20979	3000	2000	750	26729	4176	10017
7,68	27147	3600	2000	750	33497	4362	12020
8,96	32442	4200	2500	750	39892	4452	14023
9,6	33247	4500	2500	750	40997	4270	15025
10,24	36362	4800	2500	750	44412	4337	16027
15,36	49443	7200	3000	1000	60643	3948	24040
20,48	61840	9600	3000	1000	75440	3684	32054
24,96	72182	11700	3500	1000	88382	3541	39065
30,72	83729	14400	3500	1000	102629	3341	48081
40,32	119741	18900	3000	1000	142641	3538	63106
49,92	143457	23400	3500	1000	171356	3433	78131
61,44	166364	28800	4000	1000	200164	3258	96161
74,88	209739	35100	5000	1000	250839	3349	117196

Para facilitar o entendimento dos resultados, inicialmente as análises são realizadas em um sistema base, sendo escolhido o de 3,2 kWp, e na sequência as análises são generalizadas para todos os sistemas simulados.

3.1 Tempo de Retorno Financeiro no Caso Base

A Fig. 1 apresenta o comportamento do retorno financeiro ao longo do tempo no SFCR de 3,2 kWp. Percebe-se, nesta figura, que o sistema se paga por volta dos 51 meses e o retorno total do valor investido ocorre após cerca de 101 meses.

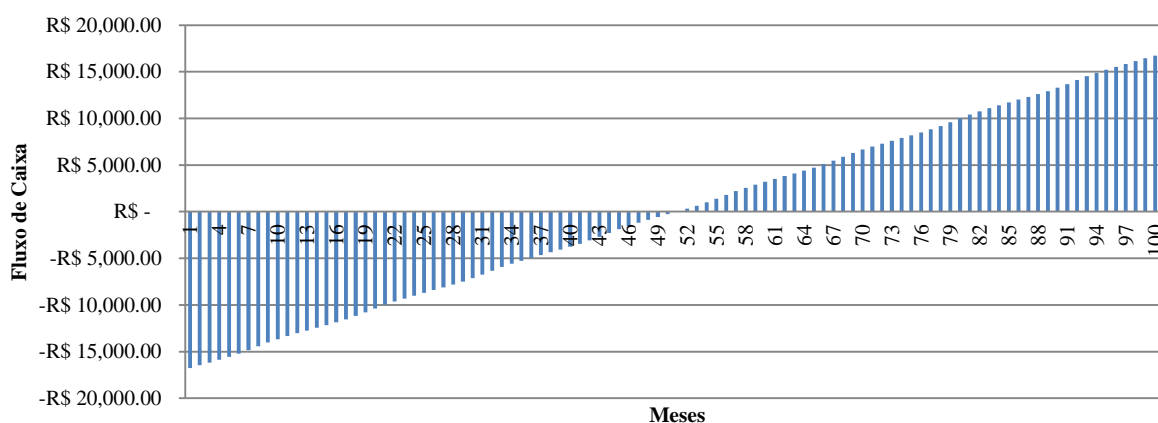


Figura 1 – Payback no sistema de 3,2 kWp sem o desconto do IPTU

Na Fig. 2, podem ser visto os efeitos que diferentes descontos médios de IPTU's ao longo dos 5 primeiros anos de funcionamento do SFCR provocam no tempo de retorno do investimento. Por exemplo, a linha referente ao índice "Payback-200" refere-se à análise do tempo de retorno do investimento quando o desconto médio no IPTU da residência com o SFCR é de R\$200,00. Neste caso o sistema se paga em cerca de 49 meses, dois meses mais cedo que quando não é concedido o desconto, e o retorno total do valor investido ocorre após cerca de 97 meses, 4 meses mais cedo que quando não é concedido o desconto. Na simulação que considera um desconto médio de R\$1.600,00 por cinco

anos no IPTU (linha “Payback-1600”), o sistema se paga após cerca de 37 meses e o retorno total do investimento ocorre após cerca de 77 meses.

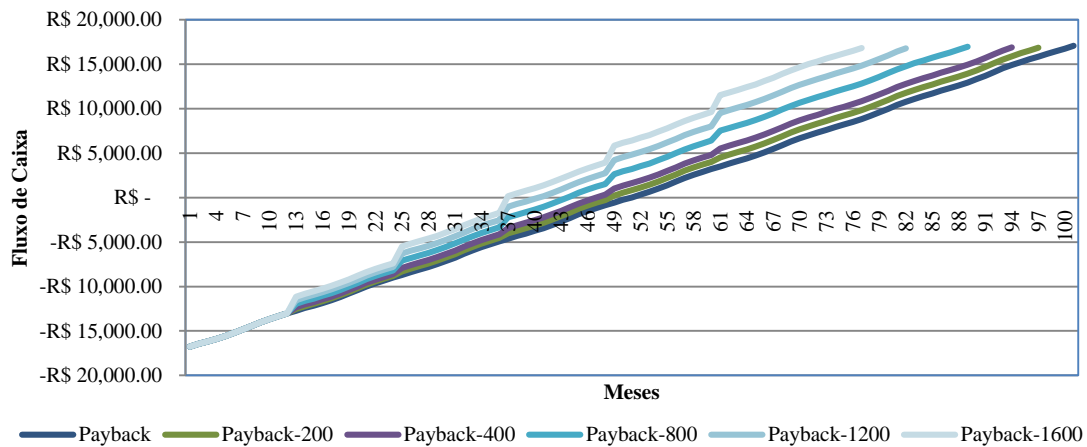


Figura 2 – Payback do sistema de 3,2 kWp com diferentes descontos médios no IPTU

3.2 Comparação de Investimentos no Caso Base

A Fig. 3 traz a comparação entre investir na carteira de renda fixa todo o dinheiro que seria investido em um SFCR e investir o dinheiro resultante da economia gerada pelo SFCR de 3,2 kWp na mesma carteira de renda fixa ao longo de 25 anos. Nesta figura, percebe-se que o valor acumulado ao final de 25 anos investindo no SFCR (R\$275.290,61), mesmo considerando a troca do inversor após 15 anos de operação, ficou bem maior que o valor acumulado investindo o valor do sistema diretamente em renda fixa (R\$100.255,29). Em outras palavras, podemos concluir que o valor acumulado investindo no sistema após 25 anos ficou cerca de 2,75 vezes maior que o valor acumulado investindo o valor do sistema diretamente na aplicação de renda fixa. Isso ocorre devido ao valor investindo no SFCR ter correção anual da tarifa de energia elétrica além da correção habitual da rentabilidade da renda fixa. Destaca-se também que o valor acumulado se iguala após cerca de 61 meses.

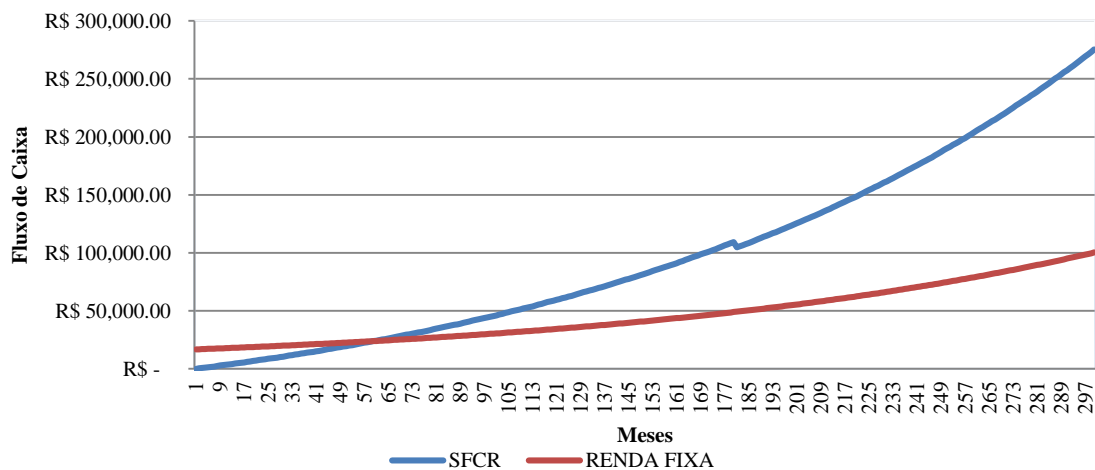


Figura 3 – Comparação de investimentos (Renda fixa x SFCR sem desconto no IPTU)

Quando é comparado o investimento diretamente em renda fixa com o investimento das economias proporcionadas pelo SFCR considerando as economias proporcionadas pelas diferentes médias de desconto de IPTU, o valor acumulado após 25 anos do investimento no SFCR tende a aumentar ainda mais, como pode ser visualizado na Fig. 4. No melhor cenário, considerando desconto médio de R\$1.600,00 ao ano por 5 anos, o valor acumulado investindo no sistema ficou cerca de 3,1 vezes maior que o valor acumulado investindo o valor do sistema diretamente em renda fixa.

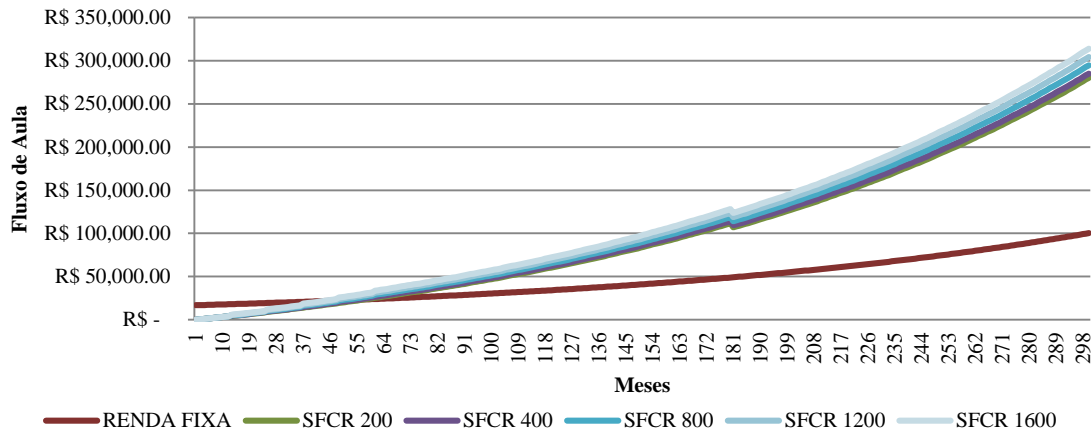


Figura 4 – Comparação de Investimentos (Renda Fixa x SFCR com diferentes descontos no IPTU)

3.3 Síntese dos Resultados no Caso Base

A partir dos resultados anteriormente apresentados, e diversificando mais os cenários simulados, obtém-se os resultados apresentados na Tab. 2, que apresenta uma síntese de todos os resultados obtidos considerando o sistema de 3,2kWp para diferentes descontos médios de IPTU. Nesta tabela pode ser verificado, na sequência: o tempo que o sistema leva para se pagar (linha “pago”); o tempo que ocorre o retorno total do valor total investido (linha “retorno”); o tempo que os investimentos se igualam quando são comparados (linha “igualada”); quantas vezes o valor acumulado investindo no SFCR ao final de 15 anos fica maior que o valor investindo o valor do sistema diretamente em renda fixa (linha “após 15”); e quantas vezes o valor acumulado investindo no SFCR ao final de 25 anos fica maior que o valor investindo o valor do sistema diretamente em renda fixa (linha “após 25”). Em resumo, percebe-se, por exemplo, que o sistema se paga entre 37 e 51 meses; o retorno total do valor investido ocorre entre 77 e 101 meses; os tempos que os investimentos se igualam ocorre entre 44 e 61 meses; o valor acumulado investindo as economias do SFCR pode ficar entre 2,2 e 2,6 vezes maior após 15 anos e entre 2,8 e 3,1 vezes maior após 25 anos que o valor acumulado investindo o valor do sistema diretamente em uma aplicação de renda fixa.

Tabela 2 - Resultados do sistema base de 3,2kWp

	Descontos no IPTU (R\$)																					
	0	120	160	200	240	320	400	480	560	640	720	800	880	960	1040	1120	1200	1280	1360	1440	1520	1600
PAGO	51	50	49	49	49	48	47	47	46	45	45	44	44	43	42	42	41	40	39	39	38	37
RETORNO	101	99	98	97	97	95	94	93	92	91	90	89	88	86	85	84	82	81	80	79	78	77
IGUALA	61	59	58	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	49	49	49	48	47	46	45	45	44
APÓS 15	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6
APÓS 25	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Logo, percebe-se que o principal incentivo da Lei Palmas Solar, desconto no IPTU, para o SFCR de 3,2 kWp pode causar uma redução significativa no tempo que o sistema leva para ter o retorno financeiro e no valor acumulado quando investe-se as economias proporcionadas pelo sistema.

3.4 Resultados para Vários Sistemas

Após analisar detalhadamente os estudos de tempo de retorno de investimento e comparação de investimentos para o sistema base de 3,2 kWp, é possível estender essas análises para vários outros SFCR’s enquadrados na microgeração distribuída.

Nesse sentido, na Tab. 3 pode ser analisado o estudo completo de tempos de retorno de investimento (*payback*) para os diversos sistemas de microgeração simulados. Nesta tabela pode-se verificar o tempo que o sistema leva para se pagar (colunas “P”) e o tempo que ocorre o retorno total do valor investido (colunas “R”).

Tabela 3 – Payback's nos vários sistemas analisados

DESC.	Tamanho do SFCR (kWp)																																													
	1,28		1,6		1,92		2,56		3,2		3,84		4,48		5,12		5,76		6,4		7,68		8,96		9,6		10,2		15,4		20,5		25		30,7		40,3		49,9		61,4		74,9			
IPTU (RS)	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R
0	69	137	66	128	66	128	58	115	51	101	51	100	47	93	44	85	43	83	42	80	43	84	44	86	42	82	43	83	39	77	36	71	35	69	33	65	35	68	34	67	33	63	33	65		
120	66	132	62	125	62	125	57	113	50	99	50	98	46	92	43	84	42	82	41	80	43	83	44	85	42	81	43	83	39	76	36	71	35	68	33	65	35	68	34	67	32	63	33	65		
160	64	131	61	123	61	124	56	112	49	98	49	98	46	91	43	83	42	81	41	79	43	83	44	85	42	81	43	82	39	76	36	71	35	68	33	65	35	68	34	67	32	63	33	65		
200	62	129	60	122	61	123	56	111	49	97	49	97	46	91	43	83	42	81	41	79	43	82	43	84	42	81	43	82	39	76	36	70	35	68	33	65	35	68	34	67	32	63	33	65		
240	61	128	59	121	60	122	55	110	49	97	49	97	46	90	42	82	42	80	41	79	42	82	43	84	42	81	42	82	39	76	36	70	35	68	33	65	35	68	34	67	32	63	33	65		
320	60	125	57	118	59	120	54	109	48	95	48	96	45	90	42	82	41	80	40	78	42	82	43	84	42	81	42	82	39	75	36	70	35	68	33	65	35	68	34	67	32	63	33	65		
400	58	122	56	116	57	118	53	107	47	94	48	95	45	89	42	81	41	79	40	78	42	81	43	83	41	80	42	81	38	75	36	70	35	68	33	65	35	68	34	66	32	63	33	65		
480	56	119	54	114	56	116	52	106	47	93	47	94	44	88	41	81	41	79	39	78	42	81	43	83	41	80	42	81	38	75	36	70	35	68	33	65	35	68	34	66	32	63	33	65		
560	54	116	52	112	55	114	50	104	46	92	47	93	44	87	41	80	40	79	39	77	41	81	42	82	41	80	42	81	38	75	36	70	35	68	33	65	35	68	34	66	32	63	33	65		
640	51	114	50	109	53	113	49	103	45	91	46	92	44	86	40	79	40	78	38	77	41	80	42	82	41	79	41	81	38	74	36	70	34	68	33	64	35	68	34	66	32	63	33	65		
720	49	111	49	107	51	110	49	102	45	90	45	91	43	85	40	79	39	78	38	76	41	80	42	82	40	79	41	80	38	74	36	69	34	67	33	64	35	68	34	66	32	63	33	65		
800	49	107	49	105	49	108	49	100	44	89	45	90	43	84	39	78	39	77	38	75	40	79	42	81	40	79	41	80	38	74	36	69	34	67	33	64	35	68	34	66	32	63	33	65		
880	49	105	49	103	49	106	49	99	44	88	45	89	42	83	39	77	38	76	37	75	40	79	41	81	40	78	41	80	37	73	36	69	34	67	33	64	35	68	34	66	32	63	33	65		
960	48	102	48	100	49	105	48	97	43	86	44	88	42	82	38	77	38	75	37	74	40	78	41	80	39	78	40	79	37	73	35	69	34	67	33	64	34	68	34	66	32	63	33	65		
1040	47	99	47	98	49	103	47	95	42	85	44	87	41	82	38	76	37	75	37	73	39	78	41	80	39	78	40	79	37	73	35	69	34	67	33	64	34	67	34	66	32	62	33	65		
1120	45	96	45	95	49	101	46	94	42	84	43	86	41	81	37	75	37	74	37	73	39	78	41	80	39	77	40	79	37	72	35	69	34	67	33	63	34	67	34	66	32	62	33	65		
1200	43	93	44	93	47	99	45	93	41	82	42	85	40	80	37	74	37	74	37	72	39	77	40	79	39	77	40	78	37	72	35	68	34	67	33	63	34	67	34	66	32	62	33	65		
1280	42	91	43	91	46	97	44	92	40	81	42	84	40	80	37	73	37	72	37	71	38	76	40	78	38	76	39	78	37	72	35	68	34	66	33	63	34	67	33	66	32	62	33	65		
1360	40	88	42	89	45	95	44	90	39	80	41	83	39	79	37	72	37	72	37	71	38	76	40	78	38	76	39	78	37	72	35	68	34	66	32	63	34	67	33	66	32	62	33	64		
1440	38	84	40	86	44	93	43	89	39	79	41	82	38	78	37	72	37	71	37	70	38	75	39	78	38	75	39	77	37	71	35	68	34	66	32	63	34	67	33	66	32	62	33	64		
1520	37	81	38	83	43	91	42	87	38	78	40	81	38	77	37	71	37	70	37	69	37	75	39	78	38	75	39	77	37	71	35	68	34	66	32	63	34	67	33	66	32	62	33	64		
1600	37	79	37	81	42	89	41	85	37	77	39	80	37	76	37	70	37	70	36	69	37	75	39	78	37	74	38	76	37	71	35	68	34	66	32	62	34	67	33	65	32	62	33	64		

A partir da Tab. 3, percebe-se que, à medida que o tamanho do SFCR e do desconto médio no IPTU aumentam, menores são os tempos para o sistema se pagar e para ocorrer o retorno total do investimento. Além disso, verifica-se também que à medida que o sistema vai ficando maior, menores são os efeitos dos descontos dos IPTU's. Em resumo, pode-se concluir que, para as simulações realizadas, os sistemas se pagam entre 32 meses e 69 meses e o retorno total do valor investido ocorre entre 62 meses e 137 meses em Palmas -TO.

Quando os investimentos nos SFCR's e nas aplicações em renda fixa são comparados, é possível verificar para todos os sistemas simulados os tempos em que os investimentos se igualam (Tab. 4), quantas vezes o valor acumulado investindo no SFCR fica maior que o valor acumulado investindo o valor do sistema diretamente em renda fixa após 15 anos (Tab. 5) e após 25 anos (Tab. 6).

Tabela 4 – Tempo em que os investimentos se igualam quando comparados

DESC.	Tamanho do SFCR (kWp)																											
	1,28	1,60	1,92	2,56	3,20	3,84	4,48	5,12	5,76	6,40	7,68	8,96	9,60	10,24	15,36	20,48	24,96	30,72	40,32	49,92	61,44	74,88						
0	90	82	82	71	61	60	56	50	49	47	49	50	48	49	44	41	39	37	39	38	36	37						
120	83	78	78	69	59	59	54	49	48	46	49	50	48	48	44	41	39	37	39	38	36	37						
160	81	76	77	68	58	58	54	49	48	46	48	50	47	48	44	41	39	37	39	38	36	37						
200	80	74	76	67	58	58	54	49	47	46	48	49	47	48	44	41	39	37	39	38	36	37						
240	78	73	74	66	57	57	53	48	47	46	48	49	47	48	44	41	39	37	39	38	36	37						
320	74	70	72	65	56	57	53	48	47	45	48	49	47	48	44	41	39	37	39	38	36	37						
400	70	67	69	63	55	56	52	47	46	45	47	49	47	47	44	41	39	36	39	38	36	37						
480	67	65	67	61	54	55	51	47	46	45	47	49	46	47	43	41	39	36	39	38	36	37						
560	64	62	65	61	53	54	50	46	45	44	47	48	46	47	43	40	39	36	39	38	36	37						
640	61	61	62	60	52	54	49	46	45	44	46	48	46	47	43	40	39	36	39	38	35	37						
720	61	60	61	58	51	54	49	45	45	44	46	48	46	46	43	40	38	36	39	38	35	37						
800	58	58	61	57	50	52	49	45	44	43	46	47	45	46	43	40	38	36	39	37	35	37						
880	55	56	60	56	49	51	49	44	44	43	45	47	45	46	43	40	38	36	39	37	35	37						
960	54	54	58	55	49	50	48	44	44	43	45	47	45	46	43	40	38	36	39	37	35	37						
1040	51	52	56	53	49	49	47	44	43	42	45	46	45	45	42	40	38	36	38	37	35	37						
1120	49	49	55	52	49	49	47	43	43	42	45	46	44	45	42	39	38	36	38	37	35	37						
1200	49	49	53	50	48	49	46	43	42	41	44	46	44	45	42	39	38	36	38	37	35	37						
1280	49	49	51	49	47	49	46	42	42	41	44	46	44	45	42	39	38	36	38	37	35	37						
1360	49	49	49	49	46	48	45	42	42	41	44	45	44	45	42	39	38	36	38	37	35	36						
1440	48	49	49	49	45	47	45	41	41	40	43	45	44	44	42	39	37	36	38	37	35	36						
1520	46	48	49	49	45	47	44	41	41	40	43	45	43	44	41	39	37	36	38	37	35	36						
1600	44	46	49	49	44	46	44	40	40	39	43	45	43	44	41	39	37	36	38	37	35	36						

Percebe-se, analisando a Tab. 4, que os tempos para os investimentos se igualarem variou entre 36 meses (no SFCR de 74,88kWp que tem um desconto médio de R\$1.600,00) e 90 meses (no SFCR de 1,28kWp sem desconto no IPTU).

Tabela 5 – Quantas vezes o acumulado no SFCR fica maior que na renda fixa após 15 anos

DESC.	Tamanho do SFCR (kWp)																					
	1,3	1,6	1,9	2,6	3,2	3,8	4,5	5,1	5,8	6,4	7,7	8,96	9,6	10,2	15,4	20,5	25	30,7	40,3	49,9	61,4	74,9
0	1,63	1,74	1,74	1,95	2,24	2,25	2,42	2,65	2,71	2,80	2,68	2,63	2,74	2,70	2,97	3,18	3,31	3,50	3,31	3,41	3,59	3,50
120	1,68	1,79	1,78	1,98	2,26	2,27	2,45	2,67	2,73	2,82	2,70	2,64	2,75	2,71	2,97	3,19	3,31	3,51	3,31	3,41	3,60	3,50
160	1,70	1,80	1,79	1,99	2,27	2,28	2,45	2,68	2,74	2,83	2,70	2,65	2,76	2,71	2,98	3,19	3,31	3,51	3,31	3,41	3,60	3,50
200	1,71	1,82	1,81	2,00	2,28	2,29	2,46	2,69	2,75	2,83	2,71	2,65	2,76	2,72	2,98	3,19	3,32	3,51	3,32	3,42	3,60	3,50
240	1,73	1,83	1,82	2,01	2,29	2,29	2,47	2,69	2,75	2,84	2,71	2,65	2,77	2,72	2,98	3,19	3,32	3,51	3,32	3,42	3,60	3,50
320	1,77	1,86	1,84	2,03	2,31	2,31	2,48	2,71	2,77	2,85	2,72	2,66	2,77	2,73	2,99	3,20	3,32	3,52	3,32	3,42	3,60	3,50
400	1,80	1,89	1,87	2,05	2,33	2,33	2,50	2,72	2,78	2,86	2,73	2,67	2,78	2,74	2,99	3,20	3,32	3,52	3,32	3,42	3,60	3,50
480	1,84	1,92	1,89	2,08	2,35	2,34	2,51	2,74	2,79	2,88	2,74	2,68	2,79	2,74	3,00	3,20	3,33	3,52	3,32	3,42	3,60	3,50
560	1,87	1,95	1,92	2,10	2,37	2,36	2,53	2,75	2,81	2,89	2,75	2,69	2,80	2,75	3,00	3,21	3,33	3,53	3,33	3,42	3,61	3,50
640	1,91	1,98	1,94	2,12	2,39	2,38	2,54	2,77	2,82	2,90	2,76	2,69	2,80	2,76	3,01	3,21	3,34	3,53	3,33	3,43	3,61	3,51
720	1,94	2,01	1,97	2,14	2,41	2,39	2,56	2,78	2,83	2,91	2,77	2,70	2,81	2,77	3,01	3,22	3,34	3,53	3,33	3,43	3,61	3,51
800	1,98	2,04	1,99	2,16	2,43	2,41	2,57	2,80	2,84	2,92	2,78	2,71	2,82	2,77	3,02	3,22	3,34	3,54	3,33	3,43	3,61	3,51
880	2,01	2,07	2,02	2,18	2,45	2,42	2,59	2,81	2,86	2,94	2,79	2,72	2,83	2,78	3,02	3,23	3,35	3,54	3,33	3,43	3,61	3,51
960	2,05	2,10	2,04	2,20	2,47	2,44	2,60	2,82	2,87	2,95	2,80	2,73	2,84	2,79	3,03	3,23	3,35	3,54	3,34	3,43	3,61	3,51
1040	2,08	2,13	2,07	2,22	2,49	2,46	2,62	2,84	2,88	2,96	2,81	2,74	2,84	2,79	3,04	3,23	3,35	3,55	3,34	3,44	3,61	3,51
1120	2,12	2,16	2,09	2,24	2,51	2,47	2,63	2,85	2,90	2,97	2,82	2,74	2,85	2,80	3,04	3,24	3,36	3,55	3,34	3,44	3,62	3,51
1200	2,15	2,19	2,12	2,26	2,53	2,49	2,65	2,87	2,91	2,99	2,83	2,75	2,86	2,81	3,05	3,24	3,36	3,55	3,34	3,44	3,62	3,51
1280	2,19	2,22	2,14	2,29	2,54	2,51	2,66	2,88	2,92	3,00	2,84	2,76	2,87	2,82	3,05	3,25	3,37	3,56	3,35	3,44	3,62	3,52
1360	2,22	2,25	2,17	2,31	2,56	2,52	2,68	2,90	2,94	3,01	2,85	2,77	2,88	2,82	3,06	3,25	3,37	3,56	3,35	3,44	3,62	3,52
1440	2,26	2,28	2,20	2,33	2,58	2,54	2,69	2,91	2,95	3,02	2,86	2,78	2,88	2,83	3,06	3,26	3,37	3,56	3,35	3,45	3,62	3,52
1520	2,29	2,31	2,22	2,35	2,60	2,55	2,71	2,92	2,96	3,03	2,87	2,78	2,89	2,84	3,07	3,26	3,38	3,56	3,35	3,45	3,62	3,52
1600	2,33	2,34	2,25	2,37	2,62	2,57	2,72	2,94	2,98	3,05	2,88	2,79	2,90	2,85	3,07	3,26	3,38	3,57	3,36	3,45	3,63	3,52

A partir da análise da Tab. 5, é possível verificar que, após 15 anos, o valor acumulado investindo-se no SFCR chegou a ser 3,52 vezes maior que o valor acumulado do valor do sistema sendo investido diretamente em uma aplicação de renda fixa.

Tabela 6 – Quantas vezes o acumulado no SFCR fica maior que na renda fixa após 25 anos

DESC.	Tamanho do SFCR (kWp)																					
	1,28	1,6	1,92	2,56	3,2	3,84	4,48	5,12	5,76	6,4	7,68	8,96	9,6	10,2	15,4	20,5	25	30,7	40,3	49,9	61,4	74,9
0	1,96	2,62	2,12	2,38	2,75	2,76	2,99	3,28	3,36	3,47	3,32	3,25	3,39	3,34	3,68	3,95	4,12	4,37	4,12	4,25	4,48	4,36
120	2,02	2,65	2,15	2,41	2,77	2,78	3,01	3,30	3,38	3,49	3,33	3,26	3,41	3,35	3,69	3,96	4,12	4,37	4,12	4,25	4,49	4,36
160	2,03	2,67	2,17	2,42	2,78	2,79	3,02	3,31	3,38	3,49	3,34	3,27	3,41	3,33	3,69	3,96	4,12	4,38	4,12	4,25	4,49	4,36
200	2,05	2,68	2,18	2,43	2,79	2,80	3,02	3,31	3,39	3,50	3,34	3,27	3,41	3,36	3,69	3,96	4,13	4,38	4,13	4,25	4,49	4,36
240	2,07	2,69	2,19	2,44	2,80	2,81	3,03	3,32	3,40	3,50	3,35	3,27	3,42	3,36	3,70	3,97	4,13	4,38	4,13	4,26	4,49	4,36
320	2,10	2,72	2,22	2,46	2,82	2,82	3,05	3,34	3,41	3,52	3,36	3,28	3,43	3,37	3,70	3,97	4,13	4,38	4,13	4,26	4,49	4,36
400	2,14	2,74	2,24	2,48	2,84	2,84	3,06	3,35	3,42	3,53	3,37	3,29	3,43	3,38	3,71	3,97	4,13	4,39	4,13	4,26	4,49	4,36
480	2,17	2,77	2,27	2,51	2,86	2,86	3,08	3,36	3,44	3,54	3,38	3,30	3,44	3,38	3,71	3,98	4,14	4,39	4,13	4,26	4,49	4,37
560	2,21	2,80	2,29	2,53	2,88	2,87	3,09	3,38	3,45	3,55	3,39	3,31	3,45	3,39	3,72	3,98	4,14	4,39	4,14	4,26	4,50	4,37
640	2,24	2,82	2,32	2,55	2,90	2,89	3,11	3,39	3,46	3,57	3,40	3,32	3,46	3,40	3,72	3,99	4,15	4,39	4,14	4,26	4,50	4,37
720	2,28	2,85	2,34	2,57	2,92	2,91	3,12	3,41	3,48	3,58	3,41	3,32	3,46	3,41	3,73	3,99	4,15	4,40	4,14	4,27	4,50	4,37
800	2,31	2,87	2,37	2,59	2,94	2,92	3,14	3,42	3,49	3,59	3,42	3,33	3,47	3,41	3,73	4,00	4,15	4,40	4,14	4,27	4,50	4,37
880	2,35	2,90	2,39	2,61	2,96	2,94	3,15	3,44	3,50	3,60	3,43	3,34	3,48	3,42	3,74	4,00	4,16	4,40	4,15	4,27	4,50	4,37
960	2,38	2,92	2,42	2,63	2,98	2,95	3,17	3,45	3,52	3,61	3,44	3,35	3,49	3,43	3,74	4,00	4,16	4,41	4,15	4,27	4,50	4,37
1040	2,42	2,95	2,44	2,65	3,00	2,97	3,18	3,46	3,53	3,63	3,45	3,36	3,50	3,43	3,75	4,01	4,16	4,41	4,15	4,27	4,50	4,37
1120	2,46	2,98	2,47	2,67	3,02	2,99	3,20	3,48	3,54	3,64	3,46	3,36	3,50	3,44	3,75	4,01	4,17	4,41	4,15	4,28	4,51	4,38
1200	2,49	3,00	2,49	2,70	3,04	3,00	3,21	3,49	3,55	3,65	3,47	3,37	3,51	3,45	3,76	4,02	4,17	4,42	4,15	4,28	4,51	4,38
1280	2,53	3,03	2,52	2,72	3,06	3,02	3,23	3,51	3,57	3,66	3,48	3,38	3,52	3,46	3,77	4,02	4,17	4,42	4,16	4,28	4,51	4,38
1360	2,56	3,05	2,54	2,74	3,07	3,04	3,24	3,52	3,58	3,67	3,48	3,39	3,53	3,46	3,77	4,03	4,18	4,42	4,16	4,28	4,51	4,38
1440	2,60	3,08	2,57	2,76	3,09	3,05	3,26	3,54	3,59	3,69	3,49	3,40	3,54	3,47	3,78	4,03	4,18	4,43	4,16	4,28	4,51	4,38
1520	2,63	3,11	2,59	2,78	3,11	3,07	3,27	3,55	3,61	3,70	3,50	3,38	3,54	3,48	3,78	4,03	4,18	4,43	4,16	4,29	4,51	4,38
1600	2,67	3,13	2,62	2,80	3,13	3,08	3,29	3,57	3,62	3,71	3,51	3,39	3,55	3,49	3,79	4,04	4,19	4,43	4,17	4,29	4,52	4,38

Analisando a Tab. 6, é possível verificar que após 25 anos, e considerando a troca do inversor após 15 anos, o valor acumulado investindo-se no SFCR chegou a ser 4,38 vezes maior que o valor acumulado do valor do sistema sendo investido diretamente em uma aplicação de renda fixa.

4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise de como os incentivos fiscais podem incentivar e melhorar a apuração dos resultados na viabilidade econômica de um microgerador na cidade de Palmas - TO. Além disso, também permitiu uma pesquisa comparativa entre investir todo o dinheiro necessário para instalar um SFCR em

uma aplicação de renda fixa ou aplicar o dinheiro em um SFCR e investir a rentabilidade desse sistema na mesma carteira de renda fixa.

Os resultados são apresentados para unidades consumidoras com variados tamanhos de SFCR's enquadrados na microgeração distribuída, levando em consideração que a viabilidade da microgeração depende de condições diversas como, desempenho do sistema, nível de irradiação solar, energia gerada, perfil da curva de carga do microgerador e das condições vigentes nas tarifas de energia elétrica para o grupo consumidor em questão.

Analisando os *payback's* para cada tamanho de sistemas de microgeração fotovoltaicos simulados, percebeu-se que o tempo para o investimento ser pago pode variar entre 32 e 69 meses e na análise de retorno do investimento, verificou-se que o retorno total do investimento ocorre entre 64 e 137 meses. Constatando-se que quanto maior for o desconto do IPTU e maior o tamanho do sistema, menor é o tempo de retorno do investimento.

Na sequência da apresentação dos resultados, foi constatado que é muito mais viável investir em um SFCR e aplicar o valor economizado do que aplicar todo o valor necessário para instalar esse sistema à longo prazo, tendo em vista que os tempos que os investimentos se igualam ocorre entre 36 e 90 meses, e que o valor acumulado investindo as economias do SFCR ocorre entre 1,63 e 3,52 vezes maior após 15 anos e entre 1,96 e 4,38 vezes maior após 25 anos que o valor acumulado investindo o valor do sistema diretamente em uma aplicação de renda fixa.

Dessa forma, percebe-se o quanto o incentivo do desconto do IPTU proporcionado pela Lei Palmas Solar pode ser vantajosa para instalação de um SFCR, constatando a excelência do investimento para médio e longo prazo, permitindo assim, que os objetivos propostos foram alcançados de forma satisfatória.

Agradecimentos

Agradecimento especial aos meus professores orientadores Me. Brunno Henrique Brito e o Esp. Felipe Tozzi Bittencourt pelo apoio e dedicação na construção e aperfeiçoamento deste artigo.

REFERÊNCIAS

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, 2017. Banco de Informações de Geração. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, 2016. Cadernos Temáticos ANEEL: Micro e Minigeração Distribuída – Sistema de Compensação de Energia Elétrica, Brasil, Brasília.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012. Resolução Normativa N°482, de 17 de Abril de 2012, Brasil, Brasília.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, 2015. Resolução Normativa N° 687, de 24 de Novembro de 2015, Brasil, Brasília.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, 2017. Nota Técnica n° 0056/2017, Brasil, Brasília.
- BRITO, B. H, 2015. Análise comparativa de diferentes metodologias para a solução do problema de comissionamento de unidades de usinas hidrelétricas acopladas em cascata, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- CURY, M.; SOUZA, C.; GONÇALVES, D.; FILHO, J., 2012. Série Gestão Empresarial: Finanças Corporativas. Rio de Janeiro: FGV, 11ª EDIÇÃO, pp. 73-78.
- Estado do Tocantins, 2015. Decreto N° 5338 de 20 de novembro de 2015, Palmas.
- 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.
- NAKABAYASHI, R, 2014. Microgeração Fotovoltaica no Brasil: Viabilidade Econômica. 2014. 58 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico, 2015. Sistema Interligado Nacional (SIN), Operador Nacional do Sistema Elétrico, Brasil, Brasília.
- Prefeitura Municipal de Palmas, 2015. Lei Complementar N° 327 de 24 de novembro de 2015, Palmas.
- SWERA - National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2017. Disponível em: <<https://maps.nrel.gov/swera/#/?aL=0&bL=groad&cE=0&lR=0&mC=40.21244%2C-91.625976&zL=4>>
- VILLALVA, M. G, 2015. Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações. 2. ed. São Paulo: Editora Érica.

THE IMPACT OF PALMAS SOLAR LAW IN THE FINANCIAL AVALIATION OF THE PHOTOVOLTAIC MICROGENERATION IN PALMAS - TO

Abstract. After the regulation of the distributed generation systems in 2012 by ANEEL Normative Resolution No. 482 (National Agency for Electric Energy), and updated by Normative Resolution No. 687 of November 24, 2015, grid-

connected Photovoltaic Systems (SFCR) have become increasingly attractive for the frequent falls in system costs and periodic increases in energy tariffs. In this sense, this article studies the impact of the Palmas Solar Law, which stimulates the inclusion of SFCR in the municipality of Palmas-TO, in the economic viability of these systems. For this, the study of the time of financial return is initially carried out, and a comparative analysis is then carried out between whether to invest in the SFCR or in a fixed income application. The results presented here show that the SFCR-generated economy can make this system if it repays between 33 and 69 months and that the value accumulated by investing in a long-term SFCR can be up to 4.4 times greater than the accumulated value by investing in fixed income. They also show that the incentives of the Palmas Solar Law can make the system pay itself up to 32 months faster.

Keywords: Solar energy, Feasibility, Microgeneration.