

Energia Solar e Eólica 2

Paulo Jayme Pereira Abdala
(Organizador)

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Paulo Jayme Pereira Abdala
(Organizador)

Energia Solar e Eólica 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E56 Energia solar e eólica 2 [recurso eletrônico] / Organizador Paulo Jayme Pereira Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Energia Solar e Eólica; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-067-4

DOI 10.22533/at.ed.674192201

1. Energia – Fontes alternativas. 2. Energia eólica. 3. Energia solar. I. Abdala, Paulo Jayme Pereira.

CDD 621.042

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

As chamadas energias renováveis, também conhecidas como energias alternativas ou ainda energias limpas são três denominações possíveis para qualquer forma de energia obtida por meio de fontes renováveis, e que não produzem grandes impactos ambientais negativos. Atualmente, com a grande preocupação mundial em compensar as emissões de CO₂, o consumo deste tipo de energia tem sido o foco de governos e empresas em todo globo.

Neste sentido, o Brasil possui uma matriz energética bastante limpa, onde predomina o uso de hidrelétricas, apesar do crescimento do uso de termelétricas, as quais são abastecidas por combustível fóssil. No Brasil, o setor energético é responsável por grande parte das emissões de CO₂, ficando atrás somente do setor agrícola que reapresenta a maior contribuição para o efeito estufa brasileiro.

A energia proveniente do sol é a alternativa renovável mais promissora para o futuro e, por este motivo tem recebido maior atenção e também mais investimentos. A radiação solar gratuita fornecida pelo sol pode ser captada por placas fotovoltaicas e ser posteriormente convertida em energia elétrica. Esses painéis usualmente estão localizados em construções, como indústrias e casas, o que proporciona impactos ambientais mínimos. Esse tipo de energia é uma das mais fáceis de ser implantada em larga escala. Além de beneficiar os consumidores com a redução na conta de energia elétrica reduzem as emissões de CO₂.

Com relação à energia eólica, o Brasil faz parte do grupo dos dez países mais importantes do mundo para investimentos no setor. As emissões de CO₂ requeridas para operar esta fonte de energia alternativa são extremamente baixas e é uma opção atrativa para o país não ser dependente apenas das hidrelétricas. Os investimentos em parques eólicos vem se tornando uma ótima opção para neutralização de carbono emitidos por empresas, indústrias e etc.

Neste contexto, este EBOOK apresenta uma importante contribuição no sentido de atualizar os profissionais que trabalham no setor energético com informações extremamente relevantes. Ele está dividido em dois volumes contendo artigos práticos e teóricos importantes para quem deseja informações sobre o estado da arte acerca do assunto.

Paulo Jayme Pereira Abdala

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	10
ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A INSTALAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NOS CAMPI IFG ITUMBIARA E URUAÇU	
Sergio Batista da Silva Olívio Carlos Nascimento Souto Fernando Nunes Belchior Ghunter Paulo Viajante Elias Barbosa Macedo Vera Ferreira Souza	
DOI 10.22533/at.ed.6741922011	
CAPÍTULO 2	24
ESTUDO DE VIABILIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA PLANTA FOTOVOLTAICA INTEGRADA EM UM SHOPPING CENTER DE FORTALEZA - CE	
Sofia da Costa Barreto Paulo Cesar Marques de Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.6741922012	
CAPÍTULO 3	41
ESTUDO DO COMPORTAMENTO E QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DO ABACAXI SECADO EM SECADOR HÍBRIDO SOLAR-ELÉTRICO	
Raphaela Soares da Silva Camelo Juliana Lobo Paes Milena Araujo Silva Madelon Rodrigues Sá Braz Dhiego Santos Cordeiro da Silva Camila Lucas Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.6741922013	
CAPÍTULO 4	54
ESTUDOS TEÓRICOS E EXPERIMENTAIS SOBRE O CUINSE ₂ E SUA APLICAÇÃO EM DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS	
Yuri Hamayano Lopes Ribeiro Denis Gilbert Francis David Marcus Vinícius Santos da Silva Jailton Souza de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.6741922014	
CAPÍTULO 5	66
EXPERIÊNCIA DE CURSO GRATUITO DE INSTALADOR DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE OFERECIDO PELO IFTO CAMPUS PALMAS	
Claudio Silva dos Santos Abimael Ribeiro Martins Adail Pereira Carvalho Brunno Henrique Brito	
DOI 10.22533/at.ed.6741922015	
CAPÍTULO 6	78
IMPACTO DA LEI PALMAS SOLAR NA ANÁLISE FINANCEIRA DA MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM PALMAS - TO	
Isamara Quirino de Castro Carlos Brunno Henrique Brito	

Felipe Tozzi Bittencourt
DOI 10.22533/at.ed.6741922016

CAPÍTULO 7 91

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

Allan Carlos do Nascimento Silva
Brunno Henrique Brito

DOI 10.22533/at.ed.6741922017

CAPÍTULO 8 104

IMPLANTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE DOIS GERADORES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS DIRETAMENTE NO BARRAMENTO C.C. DO LABORATÓRIO DE SISTEMAS HÍBRIDOS/MINIRREDES (GEDAE/UFPA)

Jorge Augusto Leal Corrêa
Claudomiro Fábio de Oliveira Barbosa
Marcos André Barros Galhardo
João Paulo Alves Veríssimo
Israel Hidai Lobato Lemos
Edinaldo José da Silva Pereira
João Tavares Pinho

DOI 10.22533/at.ed.6741922018

CAPÍTULO 9 121

INFLUÊNCIA DA SUJEIRA NA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Elismar Ramos Barbosa
Merlim dos Santos Ferreira de Faria
Fabio de Brito Gontijo

DOI 10.22533/at.ed.6741922019

CAPÍTULO 10 132

INFLUÊNCIA DO ESPECTRO SOLAR EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS SOB CÉU LIMPO, CÉU PARCIALMENTE NUBLADO E CÉU NUBLADO

Guilherme Marques Neves
Waldeir Amaral Vilela
Enio Bueno Pereira
Luiz Angelo Berni

DOI 10.22533/at.ed.67419220110

CAPÍTULO 11 146

INTENSIFICAÇÃO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM COLETOR SOLAR DE PLACA PLANA ATRAVÉS DE GERADOR DE VÓRTICE LONGITUDINAL DO TIPO DELTA

Felipe Augusto Santos da Silva
Leandro Oliveira Salviano

DOI 10.22533/at.ed.67419220111

CAPÍTULO 12 161

METODOLOGIA COMPUTACIONAL DE CONTROLE DE QUALIDADE DE DADOS DE IRRADIÂNCIA SOLAR

Marcus Vinícius Contes Calça
Matheus Rodrigues Raniero
Alexandre Dal Pai
Carlos Roberto Pereira Padovani
Domingos Mario Zeca Fernando

CAPÍTULO 13 174

PROJETO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABRIGOS DE PONTOS DE ÔNIBUS NA AV. ALMIRANTE BARROSO – BELÉM/PA

Ana Laura Pinheiro Ruivo Monteiro
Edinaldo José da Silva Pereira
Everton Leandro Santos Amaral
Ítalo de Sousa
Magda Tayane Abraão de Brito

DOI 10.22533/at.ed.67419220113

CAPÍTULO 14 191

PROJETO PRELIMINAR DE UM RADIÔMETRO ABSOLUTO PARA MEDIR A IRRADIÂNCIA SOLAR TOTAL

Franciele Carlesso
Jenny Marcela Rodriguez Gomez
Luiz Angelo Berni
Graziela da Silva Savonov
Luis Eduardo Antunes Vieira
Waldeir Amaral Vilela
Edson Luiz de Miranda

DOI 10.22533/at.ed.67419220114

CAPÍTULO 15 200

PROJETO, DESENVOLVIMENTO E TESTE DE FOGÕES SOLARES

Diego Lopes Coriolano
Erico Diogo Lima da Silva
Iraí Tadeu Ferreira de Resende
Vanina Cardoso Viana Andrade
Denilson Pereira Gonçalves
Renan Tavares Figueiredo
Odélsia Leonor Sanchez de Alsina

DOI 10.22533/at.ed.67419220115

CAPÍTULO 16 213

PROPOSTA DE RETROFIT NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO E ESTUDO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM UM DOS BLOCOS DA UTFPR EM CURITIBA

Larissa Barbosa Krasnhak
Jair Urbanetz Junior

DOI 10.22533/at.ed.67419220116

CAPÍTULO 17 229

PROPOSTA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA OTIMIZAÇÃO DO GASTO PÚBLICO COM O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA UNIDADE DE ENSINO FEDERAL IMPLANTADA NA REGIÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO

Adriano Moraes da Silva
Rebeca Lorena Santos Maia e Silva
Danielle Bandeira de Mello Delgado

DOI 10.22533/at.ed.67419220117

CAPÍTULO 18 246

PLATAFORMA PORTÁTIL E DE BAIXO CUSTO PARA A AQUISIÇÃO DA CURVA CARACTERÍSTICA

DE CÉLULAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

Júlio César Madureira Silva
Augusto César da Silva Bezerra
Claudinei Rezende Calado
Ana Luiza F. Maia
Amanda Ribeiro Amorim

DOI 10.22533/at.ed.67419220118

CAPÍTULO 19 255

SISTEMA DE AQUISIÇÃO PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COM ARMAZENAMENTO DE DADOS EM SERVIDOR REMOTO UTILIZANDO PLATAFORMAS OPEN SOURCE RASPBERRY PI E ARDUINO

José Ilton de Oliveira Filho
Wilk Coelho Maia

DOI 10.22533/at.ed.67419220119

CAPÍTULO 20 263

SUJIDADE DEPOSITADA SOBRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS INSTALADOS EM GOIÂNIA: MORFOLOGIA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Pedro Victor Valadares Romanholo
Bernardo Pinheiro de Alvarenga
Enes Gonçalves Marra
Sérgio Pires Pimentel

DOI 10.22533/at.ed.67419220120

CAPÍTULO 21 275

TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS SOLARIMÉTRICOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA EMC/UFG

Jéssica Alice Alves da Silva
Bernardo Pinheiro de Alvarenga
Sérgio Pires Pimentel
Enes Gonçalves Marra

DOI 10.22533/at.ed.67419220121

CAPÍTULO 22 290

TESTES DE SENSIBILIDADE PARA DIFERENTES PARAMETRIZAÇÕES CUMULUS DO MODELO WRF PARA MELHORAR AS ESTIMATIVAS DE VENTO

Lucia Iracema Chipponelli Pinto
Francisco Jose Lopes de Lima
Fernando Ramos Martins
Enio Bueno Pereira

DOI 10.22533/at.ed.67419220122

CAPÍTULO 23 303

O ENSINO SOBRE ENERGIAS RENOVÁVEIS NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA NAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS

André Barra Neto
Ana Paula Pinheiro Zago
Márcia Helena da Silva
Mirian Sousa Moreira
José Eduardo Ferreira Lopes

DOI 10.22533/at.ed.67419220123

CAPÍTULO 24	317
POTENCIALIDADE DO BIOGÁS GERADO PELA CODIGESTÃO ENTRE DEJETO BOVINO E SUÍNO	
Juliana Lobo Paes	
Camila Ferreira Matos	
Gabriel Araújo e Silva Ferraz	
Giancarlo Bruggianesi	
Camila Kelly de Queiroz	
Caroline Stephanie Gomes de Castro Soares	
DOI 10.22533/at.ed.67419220124	
CAPÍTULO 25	333
SIMULAÇÃO DE UMA PLANTA OTEC DE CICLO FECHADO OPERANDO NO BRASIL	
Marcus Godolphim de Castro Neves	
Hélio Henrique Rivabene Ferreira Dias	
Cassio Roberto Macedo Maia	
Ricardo Alan Verdú Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.67419220125	
CAPÍTULO 26	344
ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE 24 MESES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE NO ESTADO DO TOCANTINS	
Brunno Henrique Brito	
Thálisson Câmara Belém	
Márcio Serafim de Almeida	
Felipe Tozzi Bittencourt	
DOI 10.22533/at.ed.67419220126	
CAPÍTULO 27	359
ESTUDO TECNOLÓGICO DE SISTEMAS DE CULTIVO DE MICROALGAS	
Robson de Souza Santiago	
Bruno Lindbergh Sousa	
Yordanka Reyes Cruz	
Estevão Freire	
Suely Pereira Freitas	
Gisel Chenard Díaz	
DOI 10.22533/at.ed.67419220127	
CAPÍTULO 28	376
INFLUÊNCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM AEROPORTOS SOBRE A SEGURANÇA DAS OPERAÇÕES AERONÁUTICAS	
Francisco Wilson Falcão Júnior	
Paulo Cesar Marques de Carvalho	
Wilson Cabral de Sousa Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.67419220128	
SOBRE O ORGANIZADOR	390

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

Allan Carlos do Nascimento Silva

Faculdade Católica do Tocantins, Centro Superior
Politécnico
Palmas - Tocantins

Brunno Henrique Brito

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

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

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.

KEYWORDS: Solar Energy, Feasibility, Financial Incentives

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 m². 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/m².dia de acordo com dados do Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL, 2014). O rendimento do sistema (η_s), 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).

$$P = \frac{Cmd}{I_s} \times \frac{1}{\eta_s\%} \quad (1)$$

Onde: P_i - potência instalada; Cmd - consumo médio diário; I_s – irradiância solar diária média; η_s - rendimento do sistema.

Realizando os cálculos obtém-se:

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

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

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

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.

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
Valor total	24.064,96

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

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/m².dia); $P_{máx}$ – 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.

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

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

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.

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

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

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.

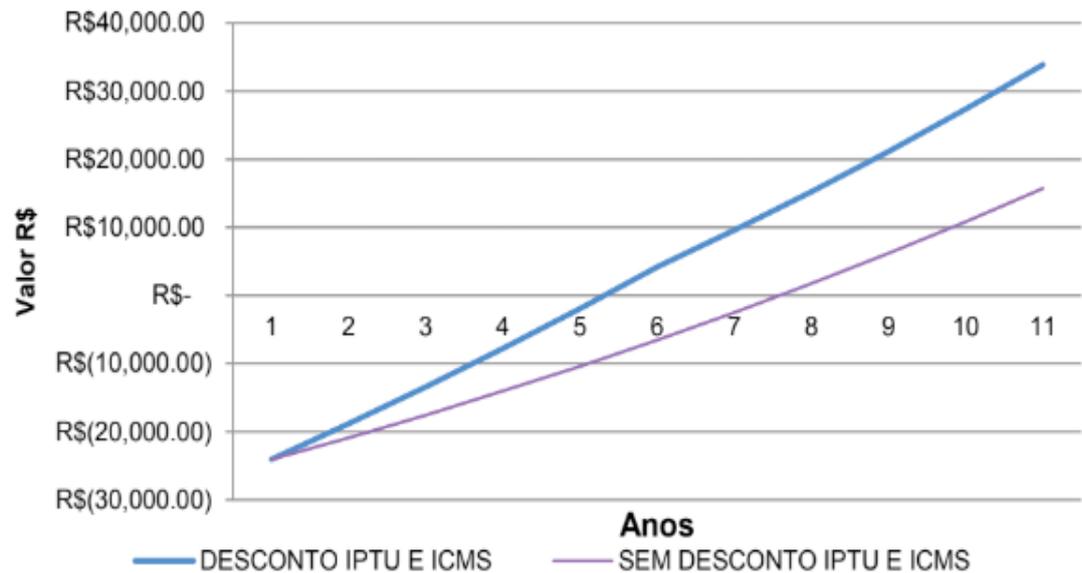


Figura 1 - Curva do rendimento financeiro em função do tempo da residência A.

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.

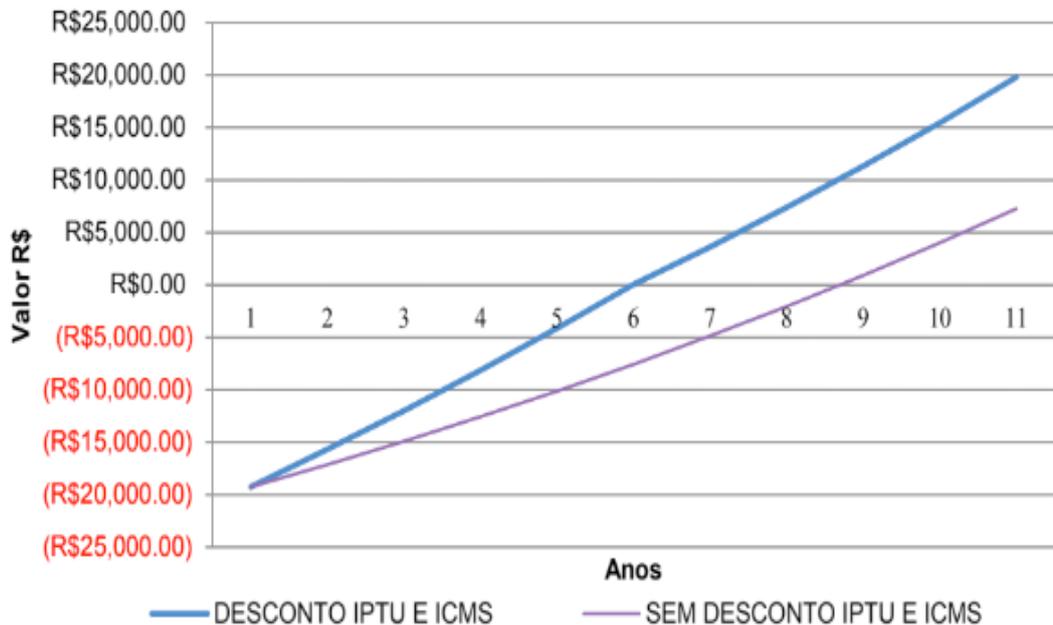


Figura 2 - Curva do rendimento financeiro em função do tempo da residência B.

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.

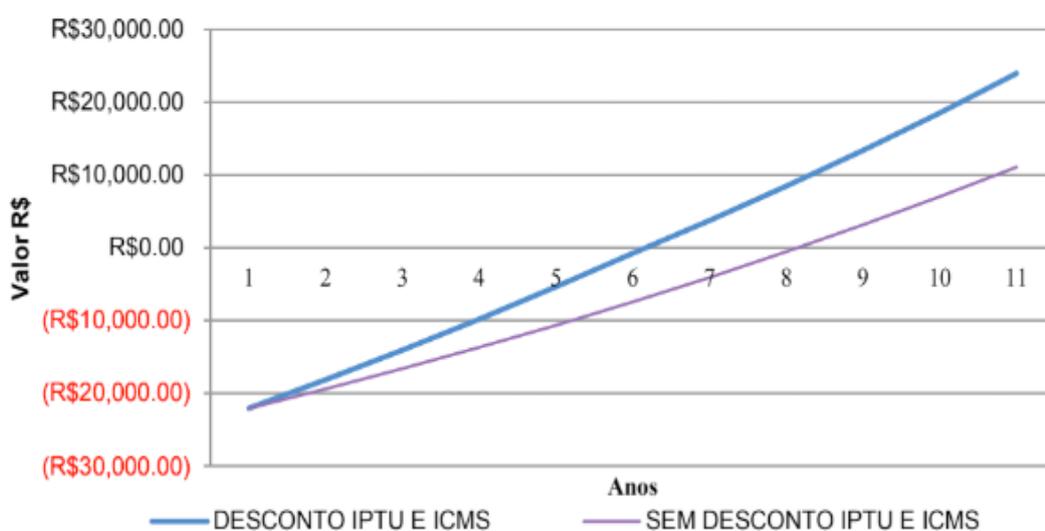


Figura 3 - Curva do rendimento financeiro em função do tempo da residência C.

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.

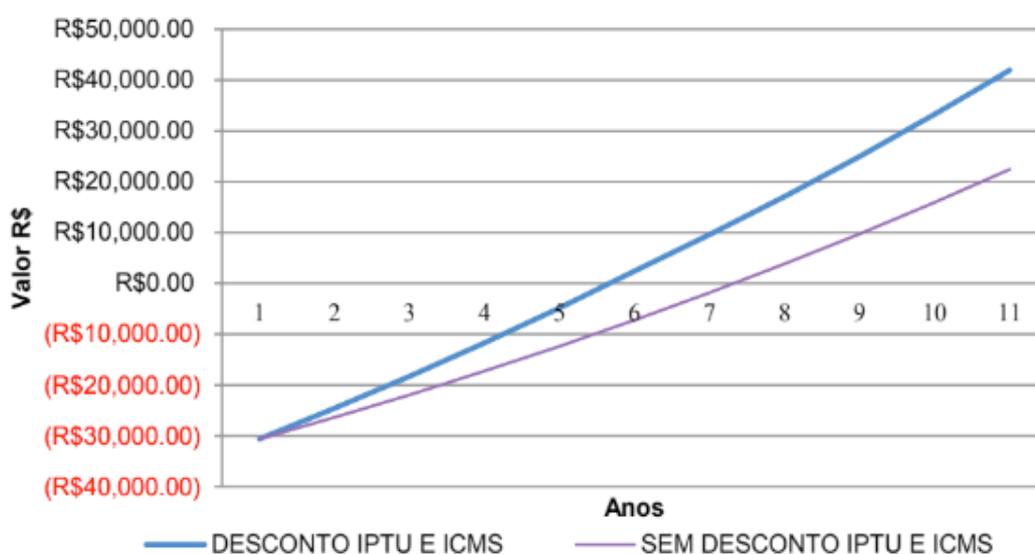


Figura 4 - Curva do rendimento financeiro em função do tempo da residência D.

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.

	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

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

analisadas.

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.

4 | 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.

SOBRE O ORGANIZADOR:

Paulo Jayme Pereira Abdala possui graduação em Engenharia Eletrônica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - RJ (1988), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2005) e pós-graduação em Gestão de Aviação Civil pela Universidade de Brasília (2003). Entre 1989 e 2008 foi Chefe do Laboratório de Ruído Aeronáutico e Emissões de Motores do DAC/ANAC, tendo desenvolvido centenas de estudos sobre poluição sonora e atmosférica oriundas da atividade aeronáutica. Foi representante oficial do Brasil em diversos Fóruns Internacionais sobre meio ambiente promovidos pela Organização de Aviação Civil Internacional OACI - Agência da ONU. Foi Coordenador dos Cursos de Engenharia de Produção, Elétrica, Civil e Mecânica na UNOPAR/PG entre 2013 e 2018. Atualmente é Consultor Independente para a AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, OACI e INFRAERO. Tem experiência na área de Engenharia Eletrônica, atuando principalmente nos seguintes temas: acústica, meio ambiente e pedagogia (metodologia TRAINAIR/OACI).

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-067-4



9 788572 470674