

Energia Solar e Eólica

Paulo Jayme Pereira Abdala
(Organizador)

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Paulo Jayme Pereira Abdala
(Organizador)

Energia Solar e Eólica

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 [recurso eletrônico] / Organizador Paulo Jayme Pereira Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Energia Solar e Eólica; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-066-7

DOI 10.22533/at.ed.667192201

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
UMA REVISÃO SOBRE AS TECNOLOGIAS FOTOVOLTAICAS ATUAIS	
Alexandre José Bühler Ivan Jorge Gabe Fernando Hoefling dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.6671922011	
CAPÍTULO 2	26
VALIDAÇÃO DE MODELOS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA O SEMIÁRIDO BRASILEIRO	
Bruna de Oliveira Busson Pedro Henrique Fonteles Dias Ivonne Montero Dupont Pedro Hassan Martins Campos Paulo Cesar Marques de Carvalho Edylla Andressa Queiroz Barroso	
DOI 10.22533/at.ed.6671922012	
CAPÍTULO 3	41
A GERAÇÃO SOLAR DE CALOR DE PROCESSOS INDUSTRIAIS NA PRODUÇÃO DE GESSO BETA DO POLO GESSEIRO DO ARARIPE	
André Vitor de Albuquerque Santos Kenia Carvalho Mendes	
DOI 10.22533/at.ed.6671922013	
CAPÍTULO 4	58
A UTILIZAÇÃO DO SILÍCIO NACIONAL PARA A FABRICAÇÃO DE PLACAS SOLARES: UMA REFLEXÃO DAS DIFICULDADES TECNOLÓGICA E FINANCEIRA	
Felipe Souza Davies Gustavo Luiz Frisso Matheus Vinícius Brandão	
DOI 10.22533/at.ed.6671922014	
CAPÍTULO 5	72
AEROPORTO DE VITÓRIA/ES: ESTUDO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	
Ana Luiza Guimarães Valory Sidney Schaeffer Warley Teixeira Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.6671922015	
CAPÍTULO 6	87
ANÁLISE ENERGÉTICA E EXERGÉTICA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE SILÍCIO MONOCRISTALINO E POLICRISTALINO	
Suellen Caroline Silva Costa Janaína de Oliveira Castro Silva Cristiana Brasil Maia Antônia Sônia Alves Cardoso Diniz	
DOI 10.22533/at.ed.6671922016	

CAPÍTULO 7	1043
ANÁLISE HARMÔNICA NOS INVERSORES FOTOVOLTAICOS DE UMA MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA	
Alessandro Bogila	
Joel Rocha Pinto	
Thales Prini Franchi	
Thiago Prini Franchi	
DOI 10.22533/at.ed.6671922017	
CAPÍTULO 8	120
ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO NO MODELO DE UMA ÁRVORE NA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA	
Bárbara de Luca De Franciscis Gouveia	
DOI 10.22533/at.ed.6671922018	
CAPÍTULO 9	139
ANÁLISE FINANCEIRA DE SISTEMAS DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA FINANCIADOS EM PALMAS - TO	
Brunno Henrique Brito	
Maria Lúcia Feitosa Gomes de Melo	
DOI 10.22533/at.ed.6671922019	
CAPÍTULO 10	152
APLICAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO EM ESCOLAS MUNICIPAIS DA CIDADE DE CRUZ ALTA/RS: ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO E POTENCIAL DE ENERGIA GERADA	
Alessandra Haas	
Franciele Rohr	
Ísis Portolan dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.66719220110	
CAPÍTULO 11	165
APLICAÇÃO DO ALGORITMO DE RASTREAMENTO DO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA (MPPT) EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	
Augusto Hafemeister	
João Batista Dias	
Leonel Augusto Calliari Poltosi	
DOI 10.22533/at.ed.66719220111	
CAPÍTULO 12	181
AR CONDICIONADO SOLAR – CICLO DE ADSORÇÃO	
Rafael de Oliveira Barreto	
Pollyanne de Oliveira Carvalho Malaquias	
Matheus de Mendonça Herzog	
Luciana Carvalho Penha	
Lucio Cesar de Souza Mesquita	
Elizabeth Marques Duarte Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.66719220112	
CAPÍTULO 13	194
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO COLETOR SOLAR PLANO ACOPLADO EM SECADOR HÍBRIDO	
Raphaela Soares da Silva Camelo	

Ícaro da Silva Misquita
Thais Andrade de Paula Lovisi
Lizandra da Conceição Teixeira Gomes de Oliveira
Juliana Lobo Paes
Camila Lucas Guimarães

DOI 10.22533/at.ed.66719220113

CAPÍTULO 14 212

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE NOVO PROTÓTIPO DE FOTOBIORREATOR NÃO TRANSPARENTE PARA CULTIVO DE MICROALGAS COM ILUMINAÇÃO INTERNA ATRAVÉS DE POFS QUE RECEBEM A LUZ DE LENTES MONTADAS EM SISTEMA DE RASTREAMENTO SOLAR

Gisel Chenard Díaz
Yordanka Reyes Cruz
Rene Gonzalez Carliz
Fabio Toshio Dino
Maurílio Novais da Paixão
Donato A. Gomes Aranda
Marina Galindo Chenard

DOI 10.22533/at.ed.66719220114

CAPÍTULO 15 225

AVALIAÇÃO DE WEBSITES BRASILEIROS PARA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE: PARÂMETROS DE ENTRADA E RESULTADOS

Marina Calcagnotto Mascarello
Letícia Jenisch Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.66719220115

CAPÍTULO 16 241

AVALIAÇÕES DE CUSTO E DESEMPENHO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS TIPO SIGFI COM DIFERENTES PERÍODOS DE AUTONOMIA

Marta Maria de Almeida Olivieri
Leonardo dos Santos Reis Vieira
Marco Antonio Galdino
Márcia da Rocha Ramos

DOI 10.22533/at.ed.66719220116

CAPÍTULO 17 257

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO CONSIDERANDO O EFEITO DA ESTEIRA AERODINÂMICA DE TURBINAS ATRAVÉS DO MODELO DO DISCO ATUADOR

Luiz Fernando Pezzi
Adriane Prisco Petry

DOI 10.22533/at.ed.66719220117

CAPÍTULO 18 272

COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE DIFERENTES BASES DE DADOS DE IRRADIAÇÃO - ESTUDO DE CASO EM CURITIBA

Danilo Carvalho de Gouveia
Jeanne Moro
Muza Iwanow
Rebecca Avença
Jair Urbanetz Junior

DOI 10.22533/at.ed.66719220118

CAPÍTULO 19	284
DESENVOLVIMENTO DE SUPERFÍCIES SUPERHIDROFÓBICAS COM EFEITO AUTOLIMPANTE PARA APLICAÇÕES EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	
Lucélio Oliveira Lemos	
Magnum Augusto Moraes Lopes de Jesus	
Aline Geice Vitor Silva	
Angela de Mello Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.66719220119	
CAPÍTULO 20	297
DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA	
Stéphane Rodrigues da Silva	
Érica Tiemi Anabuki	
Luis Cláudio Gambôa Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.66719220120	
CAPÍTULO 21	312
DO PETRÓLEO À ENERGIA FOTOVOLTAICA: A INSERÇÃO DO BRASIL NESTE NOVO MERCADO	
Emilia Ribeiro Gobbo	
Maria Antonia Tavares Fernandes da Silva	
Rosemarie Bröker Bone	
DOI 10.22533/at.ed.66719220121	
CAPÍTULO 22	330
EFEITO DO SOMBREAMENTO EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	
José Rafael Cápua Proveti	
Daniel José Custódio Coura	
Carlos Roberto Coutinho	
Adriano Fazolo Nardoto	
DOI 10.22533/at.ed.66719220122	
CAPÍTULO 23	342
ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO ENERGÉTICA E DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO AO COMPLEXO AQUÁTICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA	
Helena Flávia Napolini	
Gustavo Xavier de Andrade Pinto	
Julio Boing Neto	
Ricardo Rütther	
DOI 10.22533/at.ed.66719220123	
CAPÍTULO 24	354
ESTUDO DA SECAGEM INTERMITENTE DA MANGA UTILIZANDO SECADOR HÍBRIDO SOLAR-ELÉTRICO	
Camila Lucas Guimarães	
Juliana Lobo Paes	
Raphaela Soares da Silva Camelo	
Madelon Rodrigues Sá Braz	
Ícaro da Silva Misquita	
Lizandra da Conceição Teixeira Gomes de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.66719220124	

CAPÍTULO 25	367
ANÁLISE PRÉVIA DO VALOR DA DEPENDÊNCIA DO SOLO PARA AS ATIVIDADES AGRÍCOLAS COM A POSSÍVEL IMPLANTAÇÃO DO PARQUE EÓLICO DA SERRA, EM SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	
Antonio Robson Oliveira da Rosa Leonardo Beroldt Rafael Haag	
DOI 10.22533/at.ed.66719220125	
CAPÍTULO 26	379
APLICAÇÃO DE UM DVR EM AEROGERADORES SCIG E DFIG PARA AUMENTO DE SUORTABILIDADE FRENTE A AFUNDAMENTOS DE TENSÃO	
Edmar Ferreira Cota Renato Amorim Torres Victor Flores Mendes	
DOI 10.22533/at.ed.66719220126	
CAPÍTULO 27	398
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO DE UMA REGIÃO COM TOPOGRAFIA COMPLEXA UTILIZANDO DINÂMICA DOS FLUIDOS COMPUTACIONAL	
William Corrêa Radünz Alexandre Vagtinski de Paula Adriane Prisco Petry	
DOI 10.22533/at.ed.66719220127	
CAPÍTULO 28	410
EDIFICAÇÃO DE ENERGIA POSITIVA: ANÁLISE DE GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESCRITÓRIO VERDE DA UTFPR EM CURITIBA	
Larissa Barbosa Krasnhak Elis Almeida Medeiros de Mello Jair Urbanetz Junior Eloy Casagrande Junior	
DOI 10.22533/at.ed.66719220128	
CAPÍTULO 29	422
ESTAÇÃO METEOROLÓGICA WIFI DE BAIXO CUSTO BASEADO EM THINGSPEAK	
Renan Tavares Figueiredo Odélsia Leonor Sanchez de Alsina Diego Lopes Coriolano Eurípes Lopes de Almeida Neto Ladjane Coelho dos Santos Iraí Tadeu Ferreira de Resende Ana Claudia de Melo Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.66719220129	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	431

DO PETRÓLEO À ENERGIA FOTOVOLTAICA: A INSERÇÃO DO BRASIL NESTE NOVO MERCADO

Emilia Ribeiro Gobbo

UFRJ, Poli/DEI, Curso de Engenharia de Petróleo
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

Maria Antonia Tavares Fernandes da Silva

UFRJ, Poli/DEI, Curso de Engenharia de Petróleo
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

Rosemarie Bröker Bone

UFRJ, Poli/DEI, Curso de Engenharia de Petróleo
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

RESUMO: Como uma alternativa de diminuição de gastos em energia elétrica e um estímulo à prática de preservação do caráter limpo e renovável da matriz energética, o uso de energia solar fotovoltaica tem surgido como uma possibilidade real em construções residenciais, indústrias e até mesmo em plataformas para extração e produção de petróleo. Busca-se, através desse artigo, analisar os modelos de financiamentos em países influentes quando se fala em energias renováveis; e os investimentos feitos pelas majors petroleiras que, a partir do óleo, investem em energias alternativas, se tornando empresas de energia. Arelado a isso, estuda-se o crescimento da incorporação da fonte de energia fotovoltaica no Brasil através da análise de sua legislação e instrumentos de apoio dados pelo Governo Federal ao setor fotovoltaico. Concluiu-se que o país deve agir com maior efetividade na

transformação de oportunidades em negócios concretos. Percebeu-se também, que a falta de financiamentos com juros baixos, se torna um dos gargalos para a disseminação da energia solar no país.

PALAVRAS-CHAVE: Brasil, Energia fotovoltaica, *majors* petrolífera, regulamentação.

ABSTRACT: The utilization of photovoltaic solar energy is nowadays being examined concerning residential and industrial buildings not to mention oil rigs as a substantial alternative. Its application is valuable due to the fact that it downgrades the usage of electric energy, therefore expanding the clean energy business. The present article's main objective is to analyze renewable energy financing plans on influent countries as well as the investments made by major oil companies on this field which consequently transforms them into energy companies.

Additionally, the implementation of solar energy in Brazil is studied through the research of legislation and funding opportunities given by the Federal Government. It was concluded that the country must act with greater effectiveness in the transformation of opportunities in concrete businesses. It was also realized that the lack of low-interest financing becomes one of the key obstacle for the spread of solar energy in the country.

KEYWORDS: Brazil, photovoltaic energy, major oil companies, regulation.

1 | INTRODUÇÃO

O mundo tem se tornado mais limpo. Os incentivos têm sido inúmeros na busca por energia vinda de fontes renováveis, com o firme propósito de reduzir o uso do carvão, petróleo e outras fontes finitas e poluentes. As economias desenvolvidas, em especial, estão à frente nesta questão, com financiamentos diretos ao uso destas fontes na geração de energia para uso industrial e doméstico.

Esta nova tendência veio com as crises da década de 70, que fizeram as empresas petrolíferas iniciarem uma ampla mudança no seu perfil produtivo. Gradativamente deixaram de se preocupar somente com o petróleo, seu principal produto de exploração, e passaram a concentrar esforços na geração de outras energias, consideradas alternativas. Especificamente, os investimentos nas energias alternativas são proporcionados pelos resultados positivos vindos da exploração e produção (E&P) de óleo e gás natural, além das crescentes preocupações com o meio ambiente, em especial, com as emissões de Gás Efeito Estufa (GEE). Pode-se dizer que a diversificação produtiva das empresas petrolíferas as tornou empresas de energia. Logo, não se trata de uma prática de curto prazo, mas uma tendência que veio para ficar, alavancada pela característica inerente dos combustíveis fósseis, – não renováveis e/ou finitos.

Este selo “verde” por parte de governos e da opinião pública mundial, além das flutuações nos preços do petróleo, tem levado as majors a desenvolverem no seu portfólio, um amplo leque de energias renováveis. Tem-se como exemplo, as empresas petroleiras Shell, Total e Equinor (ex Statoil), principalmente, as quais vêm investindo em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), a fim de desenvolverem tecnologias com o uso do sol, vento, biomassa, entre outras. Dentre as energias renováveis, a energia fotovoltaica foi a que apresentou maior crescimento e obteve os maiores investimentos em todo o mundo (REN21, 2016).

O Brasil se destaca como uma possível potência em energia solar por possuir altos níveis de insolação e grandes reservas de quartzo de qualidade; o quartzo contém silício, principal material utilizado para a fabricação da célula fotovoltaica. Estas são características naturais do Brasil, que possibilitam vantagens competitivas em produtos de alto valor agregado, como a fabricação de energia fotovoltaica (FALSIROLI, 2015). Sendo assim, o Brasil ciente do seu potencial vem aumentando os incentivos à geração de energia fotovoltaica para uma maior inserção na sua matriz energética.

O artigo tem como objetivo apresentar o mercado fotovoltaico no mundo e os incentivos que vem sendo realizados para o aumento da sua participação na matriz energética. O primeiro objetivo específico é mostrar a energia fotovoltaica a partir do petróleo. Para isso parte-se da contextualização desta fonte de energia a partir

da apresentação dos incentivos vindos da diversificação energética nas economias desenvolvidas e pelas empresas petrolíferas. O segundo objetivo específico tem como foco o detalhamento do panorama da energia fotovoltaica no Brasil, onde encontram-se as vantagens e os desafios desta nova fonte de energia no país.

2 | MERCADO FOTOVOLTAICO NO MUNDO

Mesmo durante as grandes crises econômicas, o mercado fotovoltaico (FV) cresceu notavelmente ao longo da última década e está no caminho para se tornar uma importante fonte de geração de energia do mundo.

Dentre as energias renováveis, a energia solar foi a que apresentou maior crescimento; em 2015, obteve os maiores investimentos, com mais de US\$ 81 bilhões (REN21, 2016).

Depois de ter atingido um recorde de crescimento em 2010, comparativamente aos anos anteriores; em 2015, como mostra a Figura 1, atingiu uma capacidade acumulada de 178 GigaWatts (GW) (EPIA, 2015).

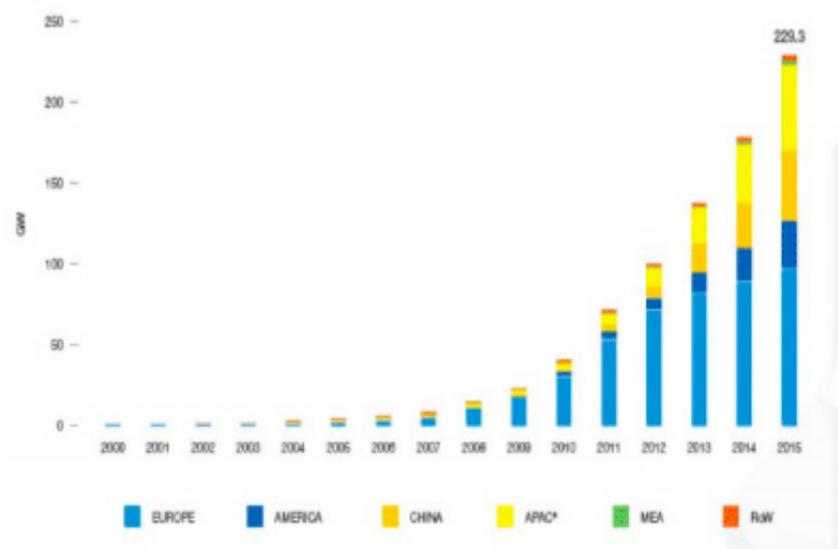


Figura 1. Capacidade instalada acumulada mundial, 2000-2015

Fonte: EPIA, 2016.

Uma das principais alavancas para o crescimento da capacidade instalada da energia FV foi a queda observada dos custos em infraestrutura (ou seja, a redução em 75% ao longo de 10 anos), dados os massivos incentivos fiscais. Com isso, há expectativas de atingir a meta de 540 GW em capacidade instalada mundial acumulada no final de 2017 (EPIA, 2014), ou seja, espera-se dobrar a capacidade instalada acumulada mundial.

TOP 10 COUNTRIES IN 2015 FOR ANNUAL INSTALLED CAPACITY				TOP 10 COUNTRIES IN 2015 FOR CUMULATIVE INSTALLED CAPACITY			
1		China	15,2 GW	1		China	43,5 GW
2		Japan	11 GW	2		Germany	39,7 GW
3		USA	7,3 GW	3		Japan	34,4 GW
4		UK	3,5 GW	4		USA	25,6 GW
5		India	2 GW	5		Italy	18,9 GW
6		Germany	1,5 GW	6		UK	8,8 GW
7		Korea	1 GW	7		France	6,6 GW
8		Australia	0,9 GW	8		Spain	5,4 GW
9		France	0,9 GW	9		Australia	5,1 GW
10		Canada	0,6 GW	10		India	5 GW

Figura 2. O mercado fotovoltaico dos países Top 10, 2015

Fonte: IEA PVPS, 2016.

A Figura 2 ilustra, na coluna à esquerda, os dez países com as maiores capacidades instaladas em energia solar em 2015. Já a coluna da direita ilustra os dez países com as maiores capacidades instaladas acumuladas até 2015.

China, Japão e EUA foram os países responsáveis pela maior parte da capacidade instalada adicionada em 2015: 30,4%, 22% e 14,6% respectivamente (REN21, 2016). A China está na primeira colocação nos dois rankings, mostrando que os investimentos interferem positivamente na inserção desta energia na matriz energética mundial.

Ao se observar a Figura 2, nota-se também que a Alemanha possui alta capacidade instalada. Porém, em 2014, após o governo alemão reduzir os incentivos ao uso de energia solar, dado o aumento da taxa em 380% sobre a energia renovável, tornou o valor da energia muito alto naquele país (THE GERMAN ENERGIE WENDE, 2014). Por isso, a instalação de novos painéis desacelerou em comparação aos anos anteriores, proporcionando um aumento de apenas 3% da capacidade instalada no país em 2015. Comprova-se o alto valor cobrado pela energia na Alemanha ao se observar a Tabela 1.

	Preço (ct/kWh)	Preço (R\$/kWh)
Alemanha	30	0,951
Dinamarca	30	0,951
Brasil	28	0,885
Espanha	23	0,729
Japão	18	0,570
França	16	0,507
EUA	9	0,285
Canadá	8	0,254

Tabela 1. Preço do kWh nos países com as maiores capacidades instaladas, 2016

Fonte: CLENER ENERGY, 2017.

Para tal análise, converteu-se o preço do kWh de *cents* para real (R\$),

considerando um *cent* para 0,031691 reais. A Alemanha juntamente com a Dinamarca e o Brasil possuem os maiores valores pagos por kWh. Já o Canadá e os EUA detêm os valores mais baixos.

2.1 POLÍTICA E EVOLUÇÃO DOS INCENTIVOS

A geração fotovoltaica vem atuando como um significativo mercado do sistema de energia solar mundial e o seu rápido crescimento afeta todo o planejamento e o *design* da rede de geração total. Isso é impactante tanto nos modelos de negócio, quanto na forma como as empresas executam seus projetos.

Os principais mecanismos de incentivo ao aproveitamento energético de fontes renováveis é o sistema de cotas, onde as distribuidoras de energia elétrica são obrigadas a atender parte de seu mercado com fontes renováveis, como exemplo: certificados de energia renovável (em inglês *renewable energy certificates*), leilões de compra e o sistema de preços, onde a geração por fontes renováveis é adquirida a preços diferenciados, também chamados de contrato de oferta padrão (em inglês *feed-in tariff system*, FiT) (EPIA, 2014).

Novas formas de incentivos e modelos de negócio começaram a surgir ao longo dos últimos anos, tais como: a) arrendamentos solares, b) contratos de compra de energia (PPA), c) *Behind-the-meter*, (BTM) (em português “atrás do medidor”), d) títulos verdes e e) *crowdfunding* (em português “financiamento coletivo”), buscando beneficiar consumidores e empresários, a partir de uma redução dos custos e aumento da lucratividade (EPIA, 2014).

A Tabela 2 resume os principais incentivos governamentais à energia fotovoltaica nos EUA, Europa, China e Japão. Distinção: *EUA, **Europa, ***China e ****Japão.

Mecanismo	Breve descrição
Tarifa-prêmio (** ***)	Aquisição, pela distribuidora, da energia a uma tarifa superior àquela paga pelo consumidor. Subsídio dado pelo governo e repassado aos demais consumidores.
Sistema de cotas (** ***)	Instrumento de aquisição obrigatória de determinado patamar de geração elétrica a partir de fontes renováveis.
Subsídio ao investimento inicial (* ***)	Subsídio direto, seja sobre equipamentos específicos, seja sobre o investimento total do sistema FV.
Dedução no imposto de renda (*)	Dedução do imposto de renda de parte ou todo investimento realizado em sistemas FV.
Incentivo à aquisição de eletricidade "verde" oriunda de sistemas fotovoltaicos (* **)	Confere ao consumidor final o direito de escolha quanto à aquisição de eletricidade proveniente de geração FV, mediante pagamento de uma tarifa menor.
Obrigatoriedade de aquisição de FV no portfólio de renováveis (* ***)	Instrumento de aquisição obrigatória de determinado patamar de geração elétrica proveniente de geração FV.
Fundos de investimentos para FV (*)	Oferta de ações em fundos privados em investimentos.
Ações voluntárias de bancos comerciais (** ***)	Concessão preferencial de hipotecas para construções que possuam sistemas FV e empréstimos para instalações destes sistemas.
Ações voluntárias de distribuidoras (* ***)	Mecanismos de suporte à aquisição de energia renovável pelos consumidores, instalação de plantas centralizadas de FV, financiamento de investimentos e modelos de aquisição de eletricidade derivada de FV.
Padrões em edificações sustentáveis (**)	Estabelecimento de padrões mínimos de desempenho para edificações (existentes e novas), cujo contexto favorece, entre outras, a adoção de sistemas FV.

Tabela 2. Mecanismos de incentivos governamentais existentes nos EUA, Europa, China e Japão

Fonte: Elaboração própria com base em IEA (2011).

Ao se observar a Tabela 2, destacam-se as *Feed-in Tariffs*, a redução de impostos, os leilões de energia solar e os empréstimos a juros baixos, como sendo os mecanismos de incentivos mais recorrentes nos países onde a geração de energia solar é muito significativa.

A Tabela 3 mostra as principais iniciativas quanto ao desenvolvimento da energia fotovoltaica nos países onde essa fonte de energia é mais significativa e incentivada.

Países	Modelos	Descrição
China	<ul style="list-style-type: none"> Tarifas fixas; Subsídios; <i>Golden Sun</i>; Redução de impostos Empréstimos a juros reduzidos 	Oferecem garantia de retorno para os proprietários dos sistemas FV sobre a energia gerada, concedidos em contratos de longo prazo, em um período de 15 a 20 anos.
EUA	<ul style="list-style-type: none"> Redução dos impostos Sistemas diferentes para cada estado <i>Leasing</i> de placas solares Financiamentos e investimentos comunitários Incentivos de desempenho Créditos de energias renováveis Tarifa fixa 	Os tipos e alcance dos incentivos financeiros e regulatórios variam entre os diversos estados norte-americanos devido as metas locais de redução de emissões, competitividade da energia FV distribuída com a tarifa local e disponibilidade de diferentes fontes de geração.
Japão	<ul style="list-style-type: none"> Novo Programa Luz do Sol (PD&I) Lei de Energia Alternativa Programas para redução dos GEE Subsídios Empréstimos com juros baixos Tarifa fixa 	O governo japonês lançou o programa FiT, que determina que os serviços públicos locais sejam obrigados a comprar 100% da energia gerada a partir de instalações solares de mais de 10 quilowatts (KW) por um período de 20 anos.
Alemanha	<ul style="list-style-type: none"> Tarifa fixa Leilões de Energia Solar 	Definida pelo <i>German Renewable Energy Act</i> de 2004 que garantia 10 anos de tarifa fixa.

Tabela 3. Iniciativas e incentivos a energia fotovoltaica em países selecionados, 2017

Fonte: Elaboração própria com base em acervo BNDES (2017).

Nota-se que os tipos e alcance dos incentivos financeiros e regulatórios variam de país para país, devido a uma série de fatores, entre eles: a) metas locais de redução de emissões, b) competitividade da energia FV distribuída com a tarifa local e c) disponibilidade de diferentes fontes de geração. No processo de escolha do modelo mais adequado consideram-se as estruturas de mercado e modelos regulatórios vigentes no país.

A seguir serão mostradas as iniciativas quanto à geração de energia fotovoltaica no Brasil nos últimos anos, visando compara-las com o que ocorre em nível mundial.

3 | ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

A matriz elétrica brasileira foi planejada com grandes investimentos em hidrelétricas e termoelétricas. Segundo o Relatório Alvorada (GREENPEACE, 2016), cerca de 64% da eletricidade brasileira é oriunda de hidrelétricas e 17,5% de termoelétricas. Esta característica implica em problemas socioambientais, como a perda de biodiversidade e a inundação de áreas habitadas por populações urbanas e comunidades indígenas. Por outro lado, órgãos públicos como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Secretaria de Assuntos Especiais (SAE) e Ministério do Meio Ambiente (MMA) vem identificando mudanças climáticas que podem comprometer a capacidade de geração de energia vinda de hidrelétricas, o que poderá dificultar e/ou inviabilizar novas construções (GIRARD, 2015).

A Figura 3 ilustra a estrutura da oferta interna de energia em 2015, onde pode-se verificar a esquerda, a matriz para energias não renováveis (tais como: óleo, gás natural, gás industrial, nuclear e carvão), a direita para energias renováveis (tais como: etanol e bagaço, eólica, solar, biodiesel, lenha e carvão vegetal, hidroelétrica e outros) e ao centro, o totalizador dividido em não-renováveis e renováveis. Observa-se que a participação de renováveis versus não-renováveis é de 41,2% frente a 58,8%; porém, desses 41,2% apenas 0,010% são oriundos da energia solar.

A oferta de energia interna a qual se refere a Figura 3 (a) (b) e (c), mostra a importância do petróleo e gás natural como fonte de energia, pois representam 86,7% do total da oferta de recursos não renováveis.

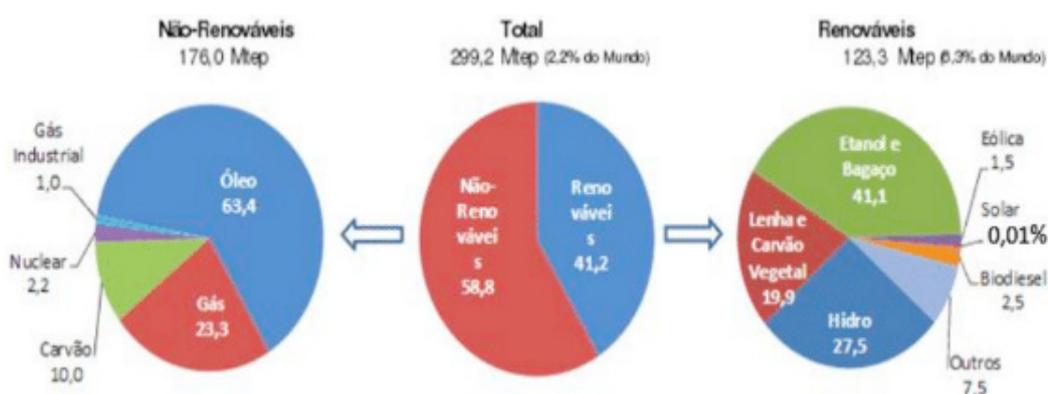


Figura 3. Matriz Energética no Brasil (a) não-renováveis (b) total (c) renováveis, 2015

Fonte: MME, 2016.

Nota-se a supremacia das energias renováveis na matriz energética no Brasil, onde: 41,2% do total são renováveis frente a 14,2% da média mundial (MME, 2016). Especificamente, o etanol e o bagaço de cana detêm a maior participação, 41,1%. Já a energia solar e a eólica representam somadas 1,51% do total.

Um país como o Brasil, que apresenta uma matriz com forte presença de energia renovável, uma maior inserção da energia solar diminuiria, cada vez mais, a dependência da energia de origem fóssil.

Uma série de fatores destaca o Brasil como uma possível potência da energia fotovoltaica: (a) os altos níveis de insolação e (b) as grandes reservas de quartzo de qualidade. Esses fatores possibilitam vantagens competitivas em produtos de alto valor agregado, como a produção de silício, com elevado grau de pureza, para a fabricação de células e módulos solares (FALSIROLI, 2015).

De acordo com o estudo realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no ano de 2014, concluiu-se que se todo o potencial de geração de energia solar nas residências e comércios brasileiros fosse aproveitado com sistemas fotovoltaicos, o país produziria 283,5 milhões de MWh por ano. Esse volume de energia seria suficiente para abastecer mais de duas vezes o atual consumo doméstico de eletricidade, que é de 124,8 milhões de MWh por ano.

Tais fatores atraem investidores e o desenvolvimento do mercado interno, fazendo com que a energia fotovoltaica passe a ter um papel importante na matriz energética nacional. Entretanto, é possível verificar um baixo aproveitamento da energia fotovoltaica no território brasileiro. Por exemplo, o estado de Santa Catarina é caracterizado por registrar o menor índice de radiação solar do Brasil, com cerca de 4,25 kWh/m² (EPE, 2012); mas corresponde a quatro vezes mais a radiação total da Alemanha, considerada uma das líderes mundiais em aproveitamento de energia fotovoltaica. Por outro lado, a Europa possui instalados 88GW de energia fotovoltaica, enquanto o Brasil detém em torno de 1GW (PORTAL SOLAR, 2016). Pode-se, então, afirmar que o Brasil poderá incrementar o uso da energia vinda de radiações solares.

A Figura 4 traz uma comparação dos valores de irradiação solar do Brasil e da Europa. No ano de 2016, a irradiação média anual do Brasil variou entre 1.200 e 2.400 kWh/m², valores que são significativamente superiores a maioria dos países europeus, cujas estatísticas indicam intervalos entre 900 e 1.250 kWh/m²/ano na Alemanha, entre 900 e 1.650 kWh/m²/ano na França e entre 1.200 e 1.850 kWh/m²/ano na Espanha (EPE, 2012).

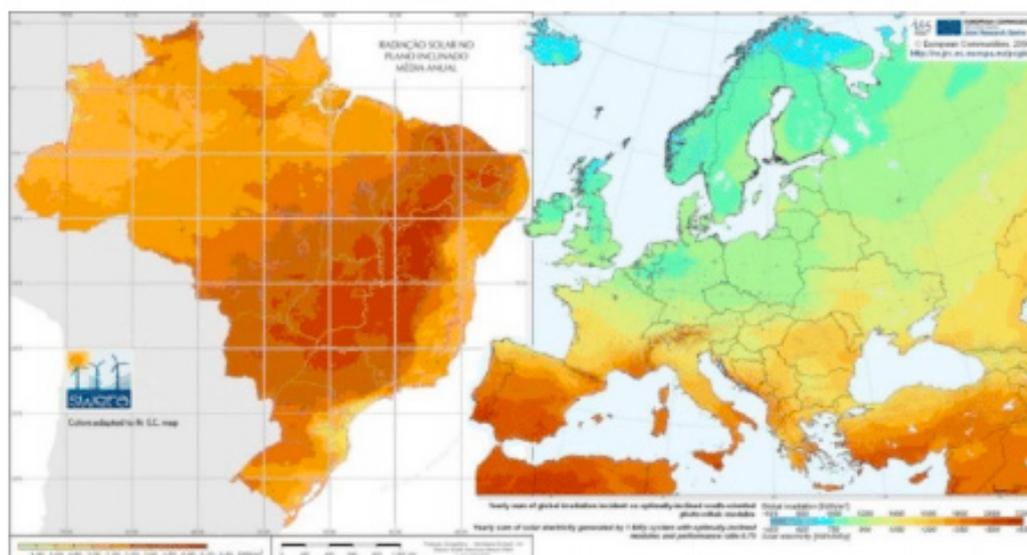


Figura 4. Irradiação solar no Brasil e Europa, 2006

Fonte: PORTAL SOLAR, 2016.

As maiores irradiações solares no Brasil, como mostra a Figura 5, estão no Centro-Oeste, interior do Nordeste e o Sudeste, respectivamente.

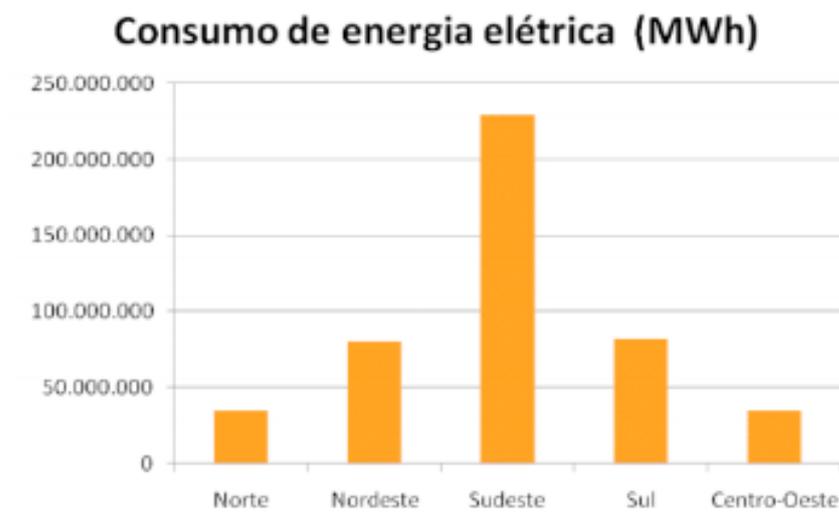


Figura 5. Consumo de energia elétrica nas regiões brasileiras, 2016^(a).

Fonte: Elaboração das autoras com base em EPE, 2012.

^(a) previsão.

Ao se observar a Figura 5, que apresenta o consumo de energia elétrica por região no ano de 2016, nota-se que as regiões com maiores irradiações solares estão entre as regiões com menores consumos de energia (Centro-oeste, Nordeste).

O Brasil busca o desenvolvimento do setor fotovoltaico, através de um conjunto de incentivos para uma maior inserção desse setor em sua matriz energética. A partir de 2012, o governo brasileiro iniciou intervenções e revisões do arcabouço regulatório do setor elétrico.

Na próxima seção serão exemplificadas as Resoluções Normativas, Decretos e Leis que objetivam trazer um marco regulatório para o crescimento gradual dessa fonte energética, no país.

3.1 REGULAMENTAÇÃO E LEGISLAÇÃO DA ENERGIA SOLAR

No Brasil, o Governo Federal, juntamente com ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e Ministério de Minas e Energia (MME), a partir de 2012 intensificaram os incentivos para a geração de energia elétrica a partir da energia solar. A Tabela 4 resume as principais iniciativas do país.

Ano	Regulamentação	Objetivo
2012	Resolução Normativa 482	Estabelecimento das condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica. Criação do Sistema de Compensação de Energia Elétrica. A iniciativa foi desenvolvida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)
2013	Portarias 226 e 300	Inclusão da fonte solar (fotovoltaica e heliotérmica) pelo Ministério de Minas e Energia nos leilões de energia A-3/2013 e A-5/2013, respectivamente. Estas portarias abriram a possibilidade de competir igualmente com outras fontes, como a eólica e as térmicas, na modalidade “por disponibilidade”.
2014	Portaria 236	Definição das condições do Leilão de Energia de Reserva de 2014, onde os projetos fotovoltaicos não competiram com outras fontes, apenas entre si
2014	Lei 19.618	Isonomia do Imposto sobre Importação para equipamentos e componentes para a geração de energia solar.
2015	Resolução Normativa 687	Atualização da REN nº 482/2012, diz respeito à possibilidade de instalação de geração distribuída em condomínios, ou seja, empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras.
2015	Lei 696	Determinar o uso obrigatório de recursos de pesquisa e desenvolvimento em fontes alternativas, por empresas do setor elétrico e pela Indústria do Petróleo. Este projeto de lei visa alterar a Lei nº 9.991 de 24 de julho de 2000, bem como as Leis nº 9.478 de 6 de agosto de 1997 e nº 12.351 de 22 de dezembro de 2010.
2015	Projeto de Lei 1868	Expandir para as famílias do programa “Minha Casa Minha Vida”, a instalação e geração de energia elétrica vinda da solar e fomentar, assim, a implantação dos sistemas de energia solar nas novas edificações comerciais e residenciais.
2015	Projeto de Lei 371	Permitir o uso de recursos do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) na aquisição e na instalação de equipamentos destinados à geração própria de energia elétrica em residências.
2016	Lei 4.332	Prover uma fonte de recursos para a instalação de unidades de microgeração ou minigeração distribuída de energia elétrica com a criação do Programa Brasil Solar.

Tabela 4. Marco regulatório da geração de energia solar no Brasil, 2012-2016

Fonte: Elaboração das autoras com base em Senado Federal (2017).

Como mencionado na Tabela 4, em 2014, através da Portaria nº 236/2014 foram definidas as condições do Leilão de Energia de Reserva de 2014. Os Leilões de Energia de Reserva (LER) contratam via chamada pública, a energia de reserva destinada a aumentar a segurança no fornecimento de energia elétrica ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Esta energia adicional busca restaurar o equilíbrio entre as garantias físicas atribuídas às usinas geradoras e a garantia física total do sistema, sem que haja impacto nos contratos existentes e nos direitos das usinas geradoras. A contratação desta energia tem por objetivo, ainda, reduzir os riscos de desequilíbrio entre a oferta e demanda de energia elétrica. Tais riscos decorrem, principalmente, de atrasos imprevisíveis de obras, ocorrência de hidrologias muito críticas e indisponibilidade de usinas geradoras (MME, 2016).

Dessa forma, houve um número significativo de projetos incentivando a energia fotovoltaica ao longo do período de 2013 a 2014. Foram cadastrados 400 projetos, que totalizaram mais de 10 GWp (EPE, 2012). No Leilão de Energia de Reserva

de 2014 foram contratados 18 empreendimentos instalados no Nordeste com 520 MW de capacidade instalada no total e 13 na região Sudeste, totalizando 370 MW de capacidade instalada na região (BNDES, 2017). Nota-se que as contratações de projetos para a energia solar ocorreram, de forma majoritária, nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil (PORTAL SOLAR, 2016).

O principal desafio da popularização dos sistemas de energia solar é seu preço, considerado elevado para a média da população. Esses custos têm origem não só na necessidade de importação das placas fotovoltaicas ou de seus componentes, mas também a instalação que deve ser feita por empresa especializada.

A obtenção de recursos para o investimento inicial destinados à compra e instalação de equipamentos não é trivial para a maioria da população de média e baixa renda. Nesse cenário surge como alternativa a utilização dos recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) para este fim (SENADO FEDERAL, 2017). Essa proposta de utilização do FGTS, além de aumentar a eficiência energética com as fontes renováveis, beneficiará principalmente a população de baixa renda, a partir de valores menores com a conta de energia elétrica.

Algumas empresas buscam diminuir os custos e apresentar soluções mais acessíveis para aumentar o alcance da tecnologia e a sua implementação em larga escala, sobretudo com o treinamento de mão de obra. Por isso, parcerias com empreendimentos imobiliários de grande escala — como o “Minha Casa, Minha Vida”, por exemplo, que já usa o sistema de aquecimento solar são as principais portas de entrada das empresas do setor fotovoltaico (SOLARVOLT, 2017).

Os conjuntos residenciais do “Minha Casa, Minha Vida” para famílias de baixa renda no sertão baiano se transformaram em uma micro usina de energia solar, com potencial de produção de 2,1 MW, o suficiente para abastecer 3,6 mil domicílios em um ano (PORTAL ECOD, 2015).

O desempenho de uma cadeia produtiva fotovoltaica no país, de modo competitivo e sustentável, deve passar pelo esforço conjunto e coordenado do governo federal, estadual e municipal e o setor privado.

Os desafios da energia fotovoltaica no Brasil são grandes, pois é necessário vencer: (a) as grandes construtoras/incorporadoras, que preferem hidrelétricas às usinas solares; e (b) a falta de financiamentos viáveis economicamente.

Um esforço para a adoção de energias alternativas vindo de fontes de energia consagradas veio com a Lei nº 696 de 2015. Nesta Lei, as empresas petrolíferas devem utilizar recursos de pesquisa e desenvolvimento em fontes alternativas a fim de diminuir as emissões Gás de Efeito Estufa (GEE) em suas operações. Com isso, percebe-se um movimento coordenado de empresas petrolíferas para empresas de energia de nível global.

Na próxima seção serão apresentados os investimentos em energias renováveis de três grandes empresas petrolíferas, a saber: Shell, Equinor (ex Statoil) e Total.

4 | EMPRESAS DE PETRÓLEO VERSUS EMPRESAS DE ENERGIA

Com as crises enfrentadas a partir de 2008, com a redução do preço do barril (ANTUNES, 2016), as empresas de petróleo: Shell, Equinor (ex Statoil) e Total, entre outras, resolveram diversificar seus investimentos, inserindo em seu portfólio a produção de energia a partir da radiação solar. Isso veio a modificar o perfil das empresas petrolíferas de nível mundial. O objetivo de tal diversificação é minimizar os impactos das oscilações de preços do barril de óleo na lucratividade.

Aliam-se a busca pela manutenção da lucratividade, as pressões vindas de governos e da opinião pública mundial quanto às consequências de mudanças climáticas relacionadas à emissão de CO₂ decorrentes da queima de combustíveis fósseis.

A energia fotovoltaica foi, por muito tempo, vista como uma escolha ambientalmente responsável, atualmente é também vista como uma escolha econômico-fiscal inteligente.

A utilização de todas as fontes de energia se faz necessária para atender um mundo que apresenta padrões de vida crescentes. Na Figura 6 apresenta-se o consumo de energia discriminado por tipo de combustível no ano de 2015. Nota-se um aumento no consumo de energias em 2015 comparado a 2014. Neste cenário apenas o consumo de carvão diminuiu, apesar de modestamente, comprovando, assim, a busca global por uma matriz energética menos poluente.

Observando o aumento da demanda global de energia, as empresas ao longo dos últimos anos investiram visando ganhos de escala na geração de energias, tornando possível, entre outras, a geração de energia fotovoltaica com baixo custo.

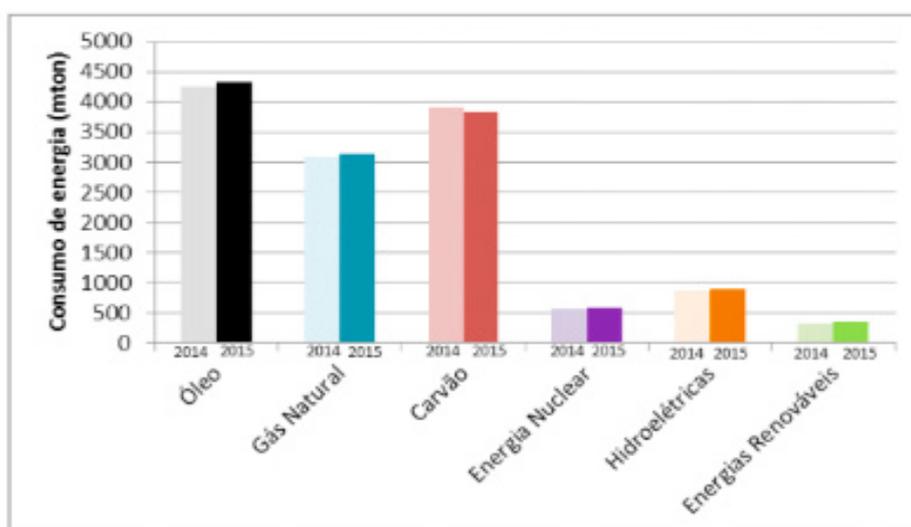


Figura 6. Consumo global de energia primária, 2014-2015

Fonte: Elaboração própria com base em BP, 2016.

Segundo a British Petroleum (BP), em 2016, a energia fotovoltaica é a fonte de energia que mais cresce; o setor de energias renováveis acrescentou 213 terawatt-

hora de capacidade eólica, solar e de biocombustível em 2015.

Nas próximas subseções serão apresentadas as iniciativas de empresas petrolíferas na geração de energia fotovoltaica, a saber: Shell, Equinor (ex Statoil) e Total.

4.1 SHELL

A Shell atualmente investe aproximadamente R\$ 636 milhões por ano na exploração e desenvolvimento de novas energias. A empresa criou em 2016, um departamento específico para estudar possibilidades de investimento em energias renováveis e com baixa emissão de carbono, chamadas “Novas Energias”. Com isso, está se movendo, além das energias renováveis tradicionais, para três novas áreas de oportunidades: a) novos combustíveis para a mobilidade - biocombustíveis e hidrogênio, b) soluções energéticas integradas, onde as energias eólica e fotovoltaica poderão se associar ao gás natural para suprirem as intermitências e c) aumentar a eficiência do sistema (SHELL SUSTAINABILITY REPORTING, 2016). Além disso, a empresa busca maneiras de explorar as tecnologias fotovoltaicas existentes visando diminuir a intensidade de emissões de carbono e o consumo de energia em suas operações (SHELL, 2017).

Com esse mesmo intuito, a *Glass Point Solar* - empresa na qual a Shell é investidora - desenvolveu uma tecnologia para atender às necessidades exclusivas da indústria de petróleo. A tecnologia consiste no uso de energia solar na geração de vapor a partir da água presente nos campos petrolíferos. Este vapor gerado é injetado nos poços visando aumentar a recuperação terciária de óleo (em inglês *Enhanced Oil Recovery* - EOR), assim como o vapor produzido pela queima de combustível. Estes geradores de vapor solar podem reduzir o consumo de gás e as emissões de carbono de um campo de petróleo em até 80%. O gás economizado pode ser redirecionado para o mercado de exportação ou outros usos de alto valor, como o desenvolvimento industrial e a geração de eletricidade (GLASS POINT, 2017).

A Shell vem buscando uma energia emergente com baixa emissão de carbono, ou seja, unindo combustíveis tradicionais, como o petróleo e o gás natural, a energia renovável (SHELL SUSTAINABILITY REPORT, 2016).

4.2 EQUINOR

A empresa Equinor iniciou seus esforços para gradualmente complementar seu portfólio petrolífero com energias renováveis no ano de 2016, ainda sob o nome Statoil.

Os investimentos no setor se iniciaram com a criação do Statoil Energy Ventures, um fundo corporativo de investimentos destinado às empresas voltadas às energias renováveis. Foram investidos US\$ 200 milhões para as chamadas “Novas Soluções Energéticas” (STATOIL, 2017).

No âmbito das energias renováveis, a Statoil desde 2010, se destaca pela geração

eólica offshore e é líder na captura e armazenamento de carbono. Desenvolveu a Hywind, a primeira turbina de vento flutuante de escala completa no mundo, que pode suportar ondas marítimas de 19 metros. Estabeleceu, paralelamente, uma redução de emissões de CO₂ por barril de óleo equivalente (boe) em 10% até 2020 (STATOIL, 2017).

A energia renovável se insere em um mercado onde há uma dura concorrência e poucos projetos; com isso, a Statoil reforçou sua posição em investir em energia renovável; porém, com foco na energia solar e eólica.

4.3 TOTAL

A empresa Total é a quarta maior do ramo privado de óleo e gás natural do mundo e a terceira maior operadora em energia fotovoltaica através da *SunPower* (TOTAL, 2017).

Em 2015, a empresa investiu US\$1,068 milhões em PD&I; dentre as áreas de pesquisa estão o desenvolvimento e a industrialização da energia fotovoltaica, de biomassa e carbono, e em tecnologias de armazenamento. O objetivo da empresa é tornar-se competitiva em energias renováveis (TOTAL, 2017).

Investir em energia fotovoltaica está em linha com a estratégia da Total para o setor de gás natural. Segundo a empresa, estas duas fontes de energia são complementares em termos de disponibilidade e custo; ou seja, os recursos de gás natural prontamente disponíveis podem: a) compensar a natureza intermitente da energia fotovoltaica, b) ajudar na minimização das flutuações de preços do gás natural a partir do preço fixo da eletricidade gerada pela energia fotovoltaica (TOTAL, 2017).

Para um horizonte de 20 anos buscar-se-ão: a) diminuir em 20% das emissões de carbono; b) incrementar as energias renováveis, juntamente com o armazenamento de energia. Especificamente com relação aos painéis fotovoltaicos, pretende triplicá-los nos próximos cinco anos, a partir de 2017 (TOTAL, 2017).

5 | CONCLUSÃO

Ao longo dos anos, as mudanças ocorridas na matriz energética mundial concentram-se nos esforços na geração de energias alternativas.

O artigo teve como objetivo apresentar o mercado fotovoltaico no mundo e os incentivos que estão sendo realizados para que aumente a sua participação na matriz energética. Como primeiro objetivo específico mostrou-se a energia fotovoltaica a partir do petróleo e diferentes incentivos financeiros e legislações, onde muitas empresas entraram no mercado de financiamento de energia fotovoltaica devido a estes incentivos. O segundo objetivo específico se focou no detalhamento do panorama da energia fotovoltaica no Brasil, onde se apresentou as vantagens e os desafios

desta nova fonte de energia no país. O Brasil, por se destacar como uma possível potência da energia solar, em virtude dos altos níveis de irradiação, grandes reservas de quartzo de qualidade e pelo aumento dos incentivos tem entrado nesta nova forma de produção energética. Contudo, os esforços brasileiros ainda são insuficientes na geração de energia fotovoltaica e uma definitiva inserção desta energia na sua matriz energética. Concluiu-se que a energia fotovoltaica no Brasil enfrenta e enfrentará inúmeros desafios como: vencer as hidrelétricas, a falta de mão de obra qualificada para a realização das instalações dos sistemas de energia solar, além da falta de financiamentos com juros baixos que é um dos gargalos da energia solar no país. Além do fato de o sistema de compensação de energia, *net metering*, adotado no Brasil desde 2012, não oferecer a mesma atratividade proporcionada por outros mecanismos empregados inicialmente em outros países, conforme apresentados na seção 1.

Para que a energia solar se torne viável e o Brasil vença os desafios que esta nova fonte introduz, como sugestões, devem-se: a) aumentar os incentivos governamentais; b) diminuir os custos de instalação; c) aumentar os investimentos em tecnologia para o aumento da eficiência; d) utilizar modelos externos para as políticas de desenvolvimento no Brasil; e) incentivar a população; f) introduzir micro usinas de energia solar em condomínios residenciais; g) governo com mais financiamentos em projetos em PD&I.

Na sequência optou-se pela escolha de três empresas, representantes das *majors* da indústria petrolífera, que possuem investimentos em energias renováveis, dentre elas a solar. Avaliou-se quantitativamente cada um desses esforços. Observado o aumento da demanda global de energia, as empresas ao longo dos últimos anos investiram visando ganhos de escala na geração de energias, tornando possível, entre outras, a geração de energia fotovoltaica a baixo custo, destacando-se o efeito de substituição do petróleo pelas energias alternativas, em especial a fotovoltaica.

A valorização da sustentabilidade com viés socioeconômico, alinhada as questões ambientais e as novas tecnologias são um cenário propício à quebra do paradigma da economia baseada no carbono e em combustíveis fósseis.

6 | REFERÊNCIAS

ANTUNES, 2016. “**Avaliação das majors petrolíferas frente às oscilações nos preços do barril de petróleo: BP, CHEVRON E TOTAL**” Disponível em: < <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10020850.pdf>> Acessado: 27/04/2017.

BNDES, 2017. “**BNDES**”. Disponível em: < <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home>> Acessado: 15/09/2017.

BRITISH PETROLEUM, 2016. “**BP Global – Energy Economics**”. Disponível em: < <http://www.bp.com/>> Acessado: 17/02/2017.

CLENER ENERGY, 2017. “**Cleener Energy**” Disponível em: <<https://www.cleanenergywire.org/factsheets/what-german-households-pay-power>> Acessado: 12/09/2017.

EPE, 2012. “**Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**”. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_23/NT_EnergiaSolar_2012.pdf> Acessado: 13/03/2017.

EPIA, 2014. “**Global Market Outlook For Photovoltaics 2014-2018**”. Disponível em: <http://helapco.gr/pdf/Global_Market_Outlook_2014_-2018_lr_v23.pdf> Acessado: 06/06/2016.

EPIA, 2015. “**Global Market Outlook for Solar Power 2015-2019**” Disponível em: <<http://resources.solarbusinesshub.com/solar-industry-reports/item/global-market-outlook-for-solar-power-2015-2019>> Acessado: 04/02/2017.

EPIA, 2016. “**Global Market Outlook – For Solar Power- 2016-2020**”. Disponível em: <http://www.solarpowereurope.org/fileadmin/user_upload/documents/Events/SolarPower_Webinar_Global_Market_Outlook.pdf> Acessado: 04/02/2017.

FALSIROLI, 2015. “**Energia Fotovoltaica Sob o Prisma da EPE**”. Disponível em <<https://pt.linkedin.com/pulse/energia-fotovoltaica-sob-o-prisma-da-epe-carlos-falsiroli>> Acessado: 04/02/2017.

GIRARD, 2015. “**Mudança climática pode reduzir capacidade hidrelétrica em até 20%**”. Disponível em: <<http://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,mudanca-climatica-pode-reduzir-capacidade-hidreletrica-em-ate-20,1788407>> Acessado: 11/02/2017.

GLASSPOINT, 2017. “**GlassPoint**”. Disponível em: <<https://www.glasspoint.com/>> Acessado: 13/07/2017.

GREENPEACE, 2016. “**Relatório Alvorada**”. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/documentos/2016/Relatorio_Alvorada_Greenpeace_Brasil.pdf> Acessado: 26/02/2017.

IEA PVPS, 2016. “**Trends in Photovoltaic Applications**” -21th Edition 2016. Disponível em: <<http://www.iea-pvps.org/index.php?id=256>> Acessado: 09/03/2017.

IEA, 2011. “**World Energy Outlook**” Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2011_WEB.pdf> Acessado: 19/01/2017.

MME, 2016. “**Resenha Energética Brasileira**”. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02++Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+2016++Ano+Base+2015+\(PDF\)/66e011ce-f34b-419e-adf1-8a3853c95fd4?version=1.0](http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02++Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+2016++Ano+Base+2015+(PDF)/66e011ce-f34b-419e-adf1-8a3853c95fd4?version=1.0)> Acessado: 19/02/2017.

PORTAL ECOD, 2015. “**Editoriais Energia**”. Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2015/setembro/energia-solar-financia-melhorias-em-condominios-do?tag=energia>> Acessado 03/07/2017.

PORTAL SOLAR, 2016. “**Mercado de Energia Solar para o Brasil**”. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html>> Acessado: 20/03/2017.

REN21, 2016. “**Renewables 2016 Global Status Report**”. Disponível em: <https://www.ambienteenergia.com.br/wpcontent/uploads/2016/06/REN21-GSR2016_Final_High-res.compressed1.pdf> Acessado: 20/06/2016.

SENADO FEDERAL, 2017. “**Projeto de Lei do Senado**”. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/sdleggetter/documento?dm=2919678&disposition=inline>>Acessado: 24/05/2017.

SHELL SUSTAINABILITY REPORT, 2016. “**Sustainability Report-2016**”. Disponível em: <<https://>>

reports.shell.com/sustainability-report/2016/servicepages/download-centre.html> Acessado: 07/03/2017.

SHELL, 2017. “**Shell do Brasil – Energia e Inovação**”. Disponível em: < <http://www.shell.com.br/>> Acessado : 07/03/2017.

SOLARVOLT, 2017. “**Avanço da Implementação da energia solar no Brasil**”. Disponível em: < <http://www.solarvoltenergia.com.br/saiba-mais-sobre-o-avanco-da-implementacao-de-energia-solar-brasil/>> Acessado em: 15/03/2017.

STATOIL, 2017. “**New Energies Solutions**”. Disponível em: < <https://www.statoil.com/en/what-we-do/new-energy-solutions.html>> Acessado: 10/06/2017.

THE GERMAN ENERGIE WENDE, 2014. “**Energy Transition**”. Disponível em: < <http://energytransition.de/>> Acessado: 01/07/2016.

TOTAL, 2017. “**Por uma energia melhor**”. Disponível em: <<http://br.total.com/pt-br/por-uma-energia-melhor/projetos-mundiais/sunpower-coloca-total-na-dianteira-da-energia-solar>> Acessado: 07/03/2017.

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 978-85-7247-066-7

