



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

**Perspectivas do Mercado Fotovoltaico no
Brasil à Luz do Desenvolvimento Regulatório
e Tecnológico**

Miguel de Almeida Braga Paranaguá

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS - CCS

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO

Graduação em Administração de Empresas

Rio de Janeiro, dezembro de 2017.



Miguel de Almeida Braga Paranaguá

**Perspectivas do Mercado Fotovoltaico no Brasil à Luz do
Desenvolvimento Regulatório e Tecnológico**

Trabalho de Conclusão de Curso

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao programa de graduação em Administração da PUC-Rio como requisito parcial para a obtenção do título de graduação em Administração.

Orientador: Leonardo Lima

Rio de Janeiro, dezembro de 2017.

Agradecimentos

Agradeço a todos que me apoiaram nesse importante momento da minha vida, tanto em âmbito profissional como também pessoal.

Obrigado aos professores da PUC-Rio com quem cruzei nessa trajetória, que me passaram todas as ferramentas acadêmicas que precisei para crescer profissionalmente.

Obrigado ao meu orientador Leonardo Lima, por toda a diretriz dada à pesquisa.

Obrigado à equipe da SolarGrid, grandes companheiros no último ano, com quem aprendi muito.

Obrigado à equipe da Welight, que entenderam e me apoiaram na conclusão deste trabalho.

Obrigado a todos meus familiares e amigos, que estão comigo nos momentos bons e ruins. Em especial minha irmã Maria e minha mãe Nina, sempre ao meu lado.

Obrigado à Zefinha, eterno amor que seguiu seu caminho no meio dessa jornada e, mesmo assim, continuou a me dar forças.

Resumo

Paranaguá, Miguel. Perspectivas do Mercado Fotovoltaico no Brasil à Luz do Desenvolvimento Regulatório e Tecnológico. Rio de Janeiro, 2017. p.37. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Administração. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O atual panorama energético evidencia a dependência do uso de fontes não renováveis, como petróleo e carvão. Deriva-se assim a necessidade de uma mudança de comportamento na adoção de energias limpas. Entre elas, a energia solar fotovoltaica vem se destacando no mundo pelo seu crescimento nos últimos anos, a partir de iniciativas públicas e avanços tecnológicos. Um dos principais avanços na regulamentação brasileira acerca dessa fonte foi a inserção da energia gerada pelo sistema solar na rede elétrica. Os mini e micro geradores, caso tenham excedente de geração frente ao seu consumo, podem optar por fazer uso desse crédito em outra unidade consumidora, conforme Resolução Normativa 687/2015. A prospecção a partir desse modelo, denominado net metering, vem apresentando números abaixo do esperado. Este estudo objetiva diagnosticar como está o cenário atual do mercado fotovoltaico, e suas perspectivas à luz do desenvolvimento regulatório e tecnológico.

Palavras-chave

Fontes renováveis; Energia Fotovoltaica; Geração Distribuída; Regulamentação; Tecnologia.

Abstract

Paranaguá, Miguel. Photovoltaic`s Market Prospects in Brazil in Light of the Regulatory and Technological Development. Rio de Janeiro, 2017. p.39. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Administração. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The current energy picture highlights the reliance on the use of non-renewable sources such as oil and coal. The need for a change in behavior in the adoption of clean energies is thus derived. Among them, photovoltaic solar energy has been standing out in the world for its growth in the last years, due to public initiatives and technological advances. One of the main advances in Brazilian regulation was the insertion of the energy generated by the solar system into the electric grid. If the mini and micro generators have a generation surplus, he may choose to make use of this credit in another consumer unit, according to Normative Resolution 687/2015. The results from this model, called net metering, has been showing below-expected numbers. This study aims to diagnose how the current scenario of the photovoltaic market is, and its perspectives in light of the regulatory and technological development.

Key-words

Renewable Sources; Photovoltaic Energy; Distributed Generation; Regulatory; Technology.

Sumário

1 . Introdução	1
1.1. Objetivo	4
1.2. Delimitação do Estudo	5
1.3. Relevância do Estudo	5
2 . Contextualização	6
2.1. Panorama Energético Mundial	6
2.2. Panorama Energético Brasileiro	7
2.3. Energia Solar Fotovoltaica	10
2.4. Geração Distribuída: Legislação e Incentivos	12
2.5. Mercado do Ramo Fotovoltaico no Brasil	14
3 . Metodologia	18
4 . Desenvolvimento / Discussão Regulatória	19
4.1. Desdobramento da Resolução Normativa 687/2015	19
4.1.1. Condomínios Solares	20
4.1.2. Consórcios / Cooperativas Solares	21
4.2. Impostos e Encargos	23
4.2.1. ICMS	23
4.2.2. PIS/COFINS	24
4.3. Exemplos Internacionais	24
4.3.1. Alemanha	24
4.3.2. Espanha	25
4.3.3. Itália	25
4.3.4. Chile	25
4.3.5. Estados Unidos	26
4.4. Expectativas Nacionais	27
5 . Avanços Tecnológicos	29
5.1. Painéis Solares	29

	VII
5.2. Smartgrid	31
5.3. Blockchain – Energia Solar	33
6 . Conclusões	35
Referências Bibliográficas	38

Lista de Figuras

Figura 1. Potência instalada acumulada	10
Figura 2. Tempo de atuação no mercado	15
Figura 3. O que é importante para o Setor crescer?	15
Figura 4. Crescimento das empresas nos últimos 6 meses	16
Figura 5. Faturamento bruto médio mensal	17
Figura 6. Unidades consumidoras com geração distribuída	20
Figura 7. Novos projetos à base das configurações da RN 687/2015	22
Figura 8. Solar Termofotovoltaica	30
Figura 9. Célula Perovskita	31
Figura 10. Tesla Solarroof	31
Figura 11. Ilustração Smartgrid	32

1. Introdução

Ao longo das últimas décadas, intensificaram-se os questionamentos acerca do impacto causado pelo uso de fontes de energia poluentes e esgotáveis. Segundo Gonçalves (2017), o desencadeamento de crises energéticas derivadas do uso em larga escala de fontes não renováveis, demandaram uma mudança significativa na matriz energética mundial com um maior aproveitamento de fontes renováveis.

Os debates mundiais em torno desta temática ambiental iniciaram-se na Conferência Rio-92, com a criação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (UNFCCC). Recentemente, na 21ª Conferência das Partes (COP 21) realizada em Paris, foi estabelecida uma meta de redução da emissão de gases de efeito estufa, aprovada pelos 195 países participantes. No Brasil, especificamente, a meta a ser alcançada em 2025 foi a de reduzir em 37% abaixo dos níveis de 2005. Em 2016, reuniu-se em Marrakesh a COP-22, na qual se desenvolveu a metodologia de implementação dos propósitos traçados no Acordo de Paris.

Diante de um cenário que tende a se deteriorar, a busca por fontes renováveis cresce em escala exponencial. Nesse contexto, um país que possui uma imensidão de recursos naturais como o Brasil, tem condições plenas para se destacar. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 2015 a matriz energética brasileira era composta por 41,2% provenientes de energias renováveis, o que em tese seria interessantíssimo. Por outro lado, ao analisarmos a forma com que se desenvolveram as principais usinas hidrelétricas do país, se evidencia o impacto socioambiental negativo que as mesmas causaram. Como veremos adiante, estas usinas geram um passivo significativo não somente de construção, mas também do funcionamento dessas usinas.

Em face ao exposto, outras fontes de energias alternativas se destacam. O potencial de captação de energia eólica e de energia solar no Brasil é enorme

e essas fontes são totalmente limpas e inesgotáveis. Dados da ANEEL de abril de 2017 apontam que a captação cinética do vento representa 6,48% da matriz energética nacional. Por outro lado, a participação de energia solar possui um percentual ainda inexpressivo de 0,015%.

Globalmente, a energia renovável com maior índice de crescimento é a energia solar fotovoltaica. Segundo o boletim “Energia Solar no Brasil e no Mundo” do Ministério de Minas e Energia, de 2013 à 2014 registrou-se um crescimento de 22% de potência instalada. Ao final de 2014, a potência total mundial instalada alcançou 180 GW. Devido às questões geográficas, o território brasileiro se caracteriza como um dos melhores locais do mundo para a geração fotovoltaica, já que está localizado próximo à linha do Equador, e não se observam muitas variações nos níveis de insolação e radiação (PEREIRA, 2006). De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o Brasil em 2024 alcançará 3,3% de sua matriz representada por energia fotovoltaica, com uma capacidade total de 7 GW.

No ano de 2016 foram instalados 5.714 projetos de energia fotovoltaica ao redor do país, com destaque para as regiões Sul e Sudeste, que representam 78% do mercado em número de instalações. Dentro do total instalado até o fim de 2016, 42% são residenciais, 36% são comerciais e o restante é de indústrias ou do poder público (pesquisa da GREENER em 2017). Diante disso, as empresas do setor e os novos entrantes têm de buscar um posicionamento adequado para se adaptar à demanda do mercado.

Diversos estímulos às fontes alternativas de energia têm sido apresentados no país desde 2002, ano em que - em âmbito nacional - criou-se o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios. Dez anos depois entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL 482/2012, possibilitando o acesso de mini geração (potência superior a 75kW e inferior a 5MW) e micro geração (potência inferior a 75kW) distribuída à rede, ou seja, foi permitido que pequenos produtores de energia injetassem o excesso de sua geração ao sistema de distribuição de energia elétrica. Já em novembro de 2015, desenvolve-se uma revisão da resolução anterior e passa a valer a Resolução Normativa ANEEL 687/2015, objetivando uma redução nos custos para esses novos fornecedores de geração distribuída e uma melhora nas condições de fornecimento. A nova medida estabeleceu que energia gerada poderia ser

consumida de quatro formas distintas de minigeração distribuída: uso no local, autoconsumo remoto, empreendimentos de múltiplas unidades e geração compartilhada.

Atualmente, a geração distribuída tem como base o *net metering*, sistema em que os geradores obtêm um crédito caso injetem na rede uma quantidade maior de energia do que o seu próprio consumo (sistema de compensação de energia). Os créditos excedentes são válidos por 60 meses. Esse processo, apesar de poder ser considerado uma evolução no Brasil nos últimos anos, ainda possui algumas barreiras, como: competência do órgão regulador, questões tributárias, necessidade de divulgação e a falta de linhas de financiamento amplas e atrativas (CORREIA, 2016).

A principal forma de negociação dos sistemas solares no Brasil, junto aos consumidores residenciais e comerciais de pequeno ou médio porte, exige um investimento inicial elevado para os mesmos, com payback de aproximadamente 6 anos. Alguns fatores de relevante impacto no retorno são os custos dos equipamentos e o preço de venda do kWp injetado na rede. Há outras formas de venda que atendem apenas às grandes empresas e usinas solares, como o aluguel de painéis fotovoltaicos, onde há um financiamento por empresas ou instituição financeira.

Os avanços tecnológicos na última década proporcionaram uma diminuição significativa nos custos dos sistemas solares. Segundo o Portal Solstício Energia, metade dos investimentos de fontes renováveis foi somente para o setor de desenvolvimento de tecnologia. Complementando, o Portal Solar destaca que as células fotovoltaicas atingiram seus menores preços históricos até então, US\$ 0,30/Watt em 2016. Constantemente, ano após ano, os custos têm diminuído, impulsionado pelos P&D e o aumento da escala de produção. Guimarães (2017) argumenta que ainda há significativos ganhos de escala a serem atingidos, pois o foco da indústria em equipamentos fotovoltaicos é recente. O envolvimento de tecnologia de ponta no segmento é de extrema relevância, em conjunto com a capacitação de profissionais do ramo.

De acordo com Silva, Holanda e Cunha (2016), “a inserção dos recursos energéticos distribuídos (RED) no modelo de geração e consumo de energia elétrica pode contribuir para a ampliação do acesso à energia atendendo às

exigências de descarbonização estabelecidas no Acordo de Paris. No entanto, além do evidente desafio financeiro e tecnológico, a inclusão dos RED traz a necessidade de reformular o modelo e o papel dos agentes envolvidos”.

A transição que possibilite mudanças no atual modelo de negócios precisa, inicialmente, partir das lideranças governamentais, com alterações na regulamentação. Em seguida, todos os stakeholders envolvidos devem avaliar como atuar neste novo modelo diante de tais modificações, em busca de uma maior eficiência entre as partes (SILVA, HOLANDA & CUNHA, 2016).

Face à esta conjuntura, desafios se impõem para empresas do setor fotovoltaico. De modo a expandir a potência vendida, o mercado se encontra dependente de medidas governamentais que melhorem as condições da geração distribuída. É necessária uma reformulação no modelo para que os sistemas solares sejam mais atrativos para os consumidores finais e que as empresas tenham melhor capacidade de atuação no negócio.

No cenário atual do mercado fotovoltaico brasileiro, as empresas privadas têm enfrentado dificuldades para se estabelecer e encontrar um modelo de negócio economicamente sustentável. Apesar do crescimento exponencial do setor, principalmente no último ano, ainda não há um só exemplo de sucesso absoluto no país. Nesse contexto, se origina a questão principal desta monografia: **“Quais as perspectivas do mercado fotovoltaico no Brasil à luz do desenvolvimento regulatório e tecnológico?”**

1.1. Objetivo

O objetivo principal deste estudo teórico-empírico é abordar as oportunidades e os desafios que o mercado fotovoltaico no Brasil se depara. Ao adotar aspectos regulatórios e tecnológicos como eixo, será avaliada a situação atual no país e no mundo. A partir deste diagnóstico, mapear quais as perspectivas que se apresentam e como o Brasil deve se posicionar.

E mais, o estudo objetiva trazer à tona a necessidade emergente de mudança na matriz energética brasileira e mundial, por conta da escassez de

fontes esgotáveis, destacando as fontes renováveis, como a solar. Outro objetivo secundário é debater os resultados de 2015, 2016 e 2017 do mercado fotovoltaico brasileiro, através de pesquisa secundária, e o comportamento das empresas dentro desse contexto.

1.2. Delimitação do Estudo

De modo a delimitar o estudo não haverá aprofundamento sobre os sistemas solares isolados, off-grid, pois não são de suma importância para a geração distribuída, principal foco. Além disso, questões científicas sobre os sistemas solares são irrelevantes para o trabalho, assim como questões de engenharia.

1.3. Relevância do Estudo

Reportou-se na Revista Época em uma matéria de maio de 2017 que, de acordo com a ANEEL, o número de painéis solares em operação no Brasil duplicou no período entre outubro de 2016 e abril de 2017. Em pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Energia Solar em conjunto com a GREENER, o crescimento já havia sido de 339% no ano de 2016. Em quantidade, isso representou um salto de 1.359 sistemas solares instalados para 5.714 em apenas um ano. O mercado de energia solar fotovoltaica demanda uma observação aprofundada, com o propósito de compreender qual a melhor estratégia para se obter vantagem competitiva e, conseqüentemente, alavancar o setor.

2. Contextualização

2.1. Panorama Energético Mundial

Desde a primeira revolução industrial, para atender as demandas de energia, praticamente todos os países ao redor do mundo abusam intensamente dos combustíveis fósseis. No século XIX, o carvão mineral foi a maior fonte de energia utilizada. Já no século seguinte o petróleo e derivados tornaram-se as principais fontes. (VENTURA FILHO, 2007).

De acordo com Ventura Filho (2007), quatro aspectos principais são determinantes para a grande utilização de combustíveis fósseis: “1) grande disponibilidade de recursos, particularmente do Oferta de Energia Elétrica – TWh 1980 – 8.269 e 2007 – 19.771 5 carvão mineral; 2) vantajosa competitividade econômica e ambiental (exceto as emissões de CO₂ e mudanças climáticas) cooutras fontes energéticas primárias; 3) favorável viabilidade técnica e econômica do seu transporte, inclusive a longas distâncias (o comércio de energia é um dos maiores do mundo); 4) adequada tecnologia, plenamente desenvolvida, para o seu diversificado aproveitamento energética.”

A predominância das fontes não renováveis inevitavelmente desencadeiam crises energéticas, seja pela dependência de certo recurso na natureza de caráter esgotável, seja pelas consequências ambientais provenientes do uso em larga escala, ou, em outras palavras, pelo abuso das fontes não renováveis. Frente à este cenário surge a necessidade de uma nova atitude na composição da matriz energética mundial, com valorização das fontes renováveis, como biomassa, eólica e solar (SILVA, 2017).

O primeiro evento de proporção global, no qual a discussão se impôs sobre temas ambientais, incluindo energias renováveis na pauta, foi a Conferência Rio-92 que ocasionou a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climate Change*). Nos últimos 25 anos, diversas convenções ocorreram entre os

países participantes. Em 2016, a COP-22 realizada no Marrocos, estabeleceu como será a metodologia de implementação do que foi previamente discutido em Paris no ano anterior. Com a finalidade de diminuir em 2 graus Celsius a temperatura média do planeta Terra, as conferências foram essenciais nesta pauta, segundo avaliação da GreenPeace, organização composta por ativistas ambientais há mais de 40 anos e com presença no mundo inteiro.

Segundo Silva (2017), “a substituição do petróleo por outro energético não é uma tarefa simples, uma vez que o petróleo é uma fonte com conteúdo energético elevado, de fácil transporte e múltiplas aplicações. É fato que as energias renováveis nem sempre podem oferecer essas facilidades além de serem fontes de energia consideradas intermitentes”. O cenário não é plenamente favorável, mas há movimentos que buscam resignificar a matriz energética, em níveis internacionais.

2.2. Panorama Energético Brasileiro

Por consequência do acordo de Paris em 2015, o Brasil se comprometeu por vias do decreto presidencial no 9.073/2017, em reduzir os gases de efeito estufa em 37% até 2025 e 43% até 2030. Um ideal comum a todos os 92 países participantes foi a compreensão que as energias renováveis desempenharão papel fundamental nessa ação.

Composta por 43,8% de fontes renováveis, ou seja, proveniente de recursos inesgotáveis, a matriz energética brasileira aparenta uma enorme vantagem frente ao panorama internacional. De acordo com o Boletim do Ministério de Minas e Energia de 2017, a oferta interna de energia elétrica, é ainda mais significativa, representada em 83,3% por energias renováveis. Globalmente, esse percentual é de apenas 24,1%. A matriz elétrica é um subconjunto da matriz energética.

Os dados acima geram a impressão de que o país se encontra numa posição favorável e que, portanto, não há necessidade de se desdobrar quando o assunto é o perigo das energias não-renováveis. Entretanto, aprofundando-se

nas fontes sustentáveis que compõe a matriz elétrica brasileira, há uma predominância de grandes usinas hidrelétricas: 63% da geração.

Conforme pesquisa elaborada pela Revista Science em 2016, em parceria com a Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), os impactos negativos dos grandes empreendimentos hidrelétricos sem planejamento apropriado traz forte preocupação aos especialistas: “Grandes rios tropicais, como os amazônicos, concentram uma incrível biodiversidade, intimamente associada com a qualidade das águas, do ambiente e da vida das populações humanas. Para garantir sua proteção, bem como das florestas e recursos naturais, o Brasil conta com um excelente modelo de licenciamento ambiental. Porém, a decisão sobre a construção de um empreendimento hidrelétrico tem desconsiderado os aspectos técnicos e científicos legais e o estabelecimento dessas obras tem sido uma decisão invariavelmente política”, destaca Gislene Torrente-Vilara, professora da Unifesp.

Em prol de aumentar a capacidade energética do país, o governo projetou usinas em locais não-apropriados, como por exemplo a usina Belo-Monte no Pará. A sua construção afetou, além do ecossistema local, diversas tribos indígenas e, por conseguinte, toda a vida que estava estabelecida há séculos ao redor do rio Xingu e seus afluentes.

Bermann (2017) sugere que os impactos socioambientais não têm apenas custo monetário, e enfatiza a perda cultural e ambiental do rio Xingu. Os povos indígenas, estabelecidos na região há gerações, vêem o rio como sagrado. Na tomada de decisão da construção dessa usina hidrelétrica, assim como outras no território brasileiro, não se considera os impactos no meio ambiente e/ou sociais a longo prazo.

Bermann, assessor do Ministério de Minas e Energia durante os dois primeiros anos do governo Lula e atualmente professor de pós graduação em Energia do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP, ainda comentou sobre a diversificação da matriz energética brasileira: “A gente não vai conseguir substituir a necessidade de energia de uma indústria de alumínio com o vento, ou com energia solar. Mas ela consegue suprir de uma forma diversificada parte da necessidade de consumo da população, de atividades de indústria de ponta, ou de comércio e serviços. Não devemos permanecer nessa dependência de

grandes usinas hidrelétricas que custam caro, estão numa distância muito grande do consumo e representam do ponto de vista socio-ambiental pesados óbices para um país como o Brasil aumentar a renda, a geração de emprego e melhorar a qualidade de vida da população.”

Desde 2002 diversos projetos de lei foram autorizados, buscando facilitar e incrementar a inserção das fontes renováveis. A matriz energética brasileira é composta por apenas 0,015% de energia fotovoltaica em 2017, segundo dados absolutos da ANEEL. Apesar do nosso país estar longe de se valer de todo seu potencial, algumas leis têm sido promulgadas para incrementar o uso da energia fotovoltaica:

- **Projeto de lei no 10.348 / 2002:** PROINFA - Programa de Incentivo às Energias Renováveis;
- **Projeto de lei no 3.831 / 2004:** incentivos à geração de energias alternativas;
- **Projeto de lei no 7.692 / 2006:** Programa Brasileiro de Geração Descentralizada de Energia Elétrica
- **Projeto de lei no 523 / 2007:** Política Nacional de Energias Alternativas;
- **Projeto de lei no 1.563 / 2007:** promover a universalização, a geração distribuída e a racionalização da energia. Aumentar a participação das fontes alternativas, modificando o PROINFA;
- **Projeto de lei no 2.737 / 2008:** incentivos à geração de energia a partir de fonte solar.

Mesmo com essas leis pro-energia solar e eólica, o Brasil ainda está muito aquém do seu potencial. Logo torna-se evidente a importância de uma mudança. Analisa Nascimento (2017), que o país tem recebido diversos incentivos à geração solar fotovoltaica, tendo alcançado resultados importantes recentes. Porém, para se consolidar na matriz energética brasileira, muitas medidas ainda precisam ser adotadas. A diversificação da matriz energética é essencial para que não haja dependência e que não seja sobrecarregada nenhuma fonte de energia, mesmo as fontes renováveis. Por esta razão, têm sido implementadas

há 15 anos iniciativas para que seja promovido o uso da energia solar fotovoltaica no Brasil.

2.3. Energia Solar Fotovoltaica

A energia solar pode ser aproveitada de duas formas: aquecimento e eletricidade. A captação de radiação solar como armazenamento de calor é principalmente utilizada para água aquecida para banho, ar quente para secagem de grãos e gases para acionamento de turbinas. O fluido após ser estimulado é conservado em reservatórios termicamente isolados até o uso. Com o emprego da energia solar de caráter térmico, reduz-se o consumo de energia elétrica. (TIRADENTES, 2007)

Por outro lado, a conversão de energia solar para energia elétrica denomina-se energia solar fotovoltaica. A potencialidade dessa fonte de energia ainda não é totalmente explorada no país. Nascimento (2017) aponta como a incidência solar no Brasil é superior a de todos os países europeus, mesmo àqueles onde os projetos solares são mais disseminados, como Alemanha, França e Espanha.

Em números absolutos, o índice de crescimento da potência acumulada (kWp) de 2015 para 2016 atingiu 341%, como evidencia-se na pesquisa da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), indicada anteriormente:



Figura 1. Potência instalada acumulada. Fonte: ANEEL

Nas palavras de Wolfgang (1994), é notório que o aproveitamento de energia solar em eletricidade já vem sendo destacado há mais de duas décadas: “As células solares, dispostas em painéis solares já produziam eletricidade nos primeiros satélites espaciais e, atualmente, são uma solução para a eletrificação rural, com clara vantagem sobre outras alternativas. A energia elétrica obtida a partir destas células pode ser usada de maneira direta, como para se retirar água de um poço com uma bomba elétrica, ou ser armazenada em acumuladores para ser utilizada durante a noite. É possível, inclusive, inserir a energia excedente na rede geral, obtendo um importante benefício.”

A energia solar fotovoltaica pode ser desfrutada como um sistema isolado (off-grid), onde a energia captada é convertida em eletricidade e utilizada diretamente por quem gerou, permitindo que seja armazenada em baterias e aproveitadas mesmo em momentos que não há radiação. A principal vantagem de um sistema off-grid é sua independência onde não é necessário haver uma conexão com concessionárias de energia e também se potencializa pelo fato de alcançar locais remotos que não possuem outra alternativa de eletricidade. Esses sistemas foram os pioneiros da energia fotovoltaica, iniciando em 1950 - 1970, justificados pela demanda de levar energia a lugares onde as redes de distribuição não chegavam. (SOUZA, 2016)

Desde os anos 2000, a energia solar fotovoltaica passou a também ser aproveitada de outra maneira: sistemas conectados à rede (on-grid). Nesse formato, o excedente da energia captada pelos painéis solares é inserido na rede de distribuição com o gerador sendo compensado em sua tarifa. Caso haja crédito, pode ser aproveitado ao longo de 60 meses consecutivos. No capítulo 4 haverá maior detalhamento sobre o tema.

Segundo Souza (2016), “A eletrificação de uma residência situada em um centro urbano através de um sistema fotovoltaico off-grid, apesar de ser plenamente possível, não é tão atrativa do ponto de vista financeiro. Isto porque os custos da energia elétrica fornecida pela rede pública de distribuição é muito menor que os custos de instalação, operação e manutenção de um sistema fotovoltaico isolado autônomo.”

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede de distribuição de energia elétrica, por não necessitarem de armazenamento próprio, amenizam o custo

das baterias, que precisam de reposição a cada 5 anos, enquanto os outros equipamentos são vendidos com garantia de 20 anos. Em contrapartida, os preços de importação de painéis solares e os inversores determinam um alto investimento na compra.

O presidente da Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR), Rodrigo Sauaia, destacou em reunião com o ministro de Minas e Energia, Fernando Coelho: “Buscamos posicionar o país como um protagonista na geopolítica do setor solar fotovoltaico internacional, tornando a energia solar fotovoltaica um vetor de progresso econômico, social, ambiental e estratégico ao Brasil, efeito já observado nos principais países em desenvolvimento e desenvolvidos do mundo”, esclarece Sauaia em outubro de 2017.

Diversos incentivos têm sido feitos para viabilizar a energia solar fotovoltaica, principalmente os sistemas conectados à rede. No subcapítulo a seguir, apresentaremos como foram estabelecidas as métricas da geração distribuída e suas devidas alterações complementares.

2.4. Geração Distribuída: Legislação e Incentivos

Apesar da propagação do termo ser apenas atual, a geração distribuída foi definida no início do século XXI e caiu em desuso a partir da evolução da geração de energia para um sistema centralizado, representadas principalmente pelas grandes usinas hidrelétricas. Segundo Silva, Hollanda e Cunha (2016), a GD, portanto, não está sendo inserida no modelo energético do país e sim reintroduzida devido à necessidade dos agentes envolvidos no atual modelo que não atendem mais à demanda de produção de energia.

De acordo com Ackerman (2001), a geração distribuída define-se como uma fonte elétrica de energia conectada à rede de distribuição pública. No Artigo 14º do Decreto Lei no 5.163/2004, definiu-se GD: “Considera-se geração distribuída toda produção de energia elétrica proveniente de agentes concessionários, permissionários ou autorizados (...) conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquela proveniente

de: (i) hidrelétrico com capacidade superior a 30 MW; (ii) termelétrico, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a 75%.”

As principais vantagens da geração descentralizadas são, de acordo com Gonçalves (2017): “O adiantamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética”.

A legislação brasileira sobre geração distribuída está, além do decreto de lei, também representada através de três importantes resoluções normativas:

- **Resolução Normativa no 167/2005:** condições para comercialização da energia produzida através da geração distribuída;
- **Resolução Normativa no 482/2012:** condições gerais para o acesso da microgeração e minigeração (75kW/5MW) distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica; e
- **Resolução Normativa 687/2015:** revisão da resolução 482, objetivando reduzir as barreiras do desenvolvimento da GD no Brasil.

Essas resoluções incentivam a geração próxima à rede e, por conseguinte traz benefícios para o setor elétrico brasileiro: (i) diversificação da matriz energética, introdução de energias renováveis com baixo impacto ambiental; (ii) redução da taxa de desemprego graças à demanda de mão de obra associada à instalação; (iii) promoção da indústria nacional; (iv) economia dos investimentos em transmissão e diminuição de perdas causadas por problemas na transmissão; (v) e a melhoria da qualidade do serviço de energia elétrica. (CORREIA, 2016).

A nova resolução, a qual altera a Resolução 482, propõe alcançar a redução dos custos de conexão dos micro e minigeradores, além de diminuir o tempo de transmissão. Na visão de Gonçalves (2017), objetiva-se - também na Resolução 687 - que o sistema de compensação de energia elétrica e as condições de fornecimento se adequem um ao outro, aumentando o público-alvo

e apresentando melhor e com mais transparência as informações na fatura de energia.

2.5. Mercado do Ramo Fotovoltaico no Brasil

Frente ao citado nos temas anteriores, o mercado fotovoltaico deveria estar apresentando resultados prósperos. O crescimento da potência total instalada (MWp) nos últimos dois anos, alcançou um acumulado de 1.253%. Entretanto, as empresas atuantes no setor encontram dificuldades para se sustentar seus próprios crescimentos.

Segundo Guimarães (2017), em níveis mundiais o mercado de sistemas conectados à rede cresceu extraordinariamente nos últimos dez anos. Embora geograficamente desfavorecida, a Europa desponta como maior força em instalações de energia solar, com elevado investimento em tecnologia. Por outro lado, em âmbito nacional, não temos aproveitado todo o potencial dos incríveis índices de irradiação solar já que nos situamos próximos à linha do Equador.

Na visão de Rodrigo Sauaia, presidente executivo da ABSOLAR, o Brasil está atrasado frente aos outros países no setor: “A fonte solar fotovoltaica atravessa forte expansão no mundo, porém enfrentou obstáculos no Brasil nos últimos dez anos que prejudicaram seu crescimento, deixando o país com 15 anos de atraso no desenvolvimento do setor.”

Ao nos debruçarmos sobre o segmento voltado para o mercado de energia solar fotovoltaica, constatamos como esse se caracteriza por sua imprecisão, principalmente devido ao pouco tempo de atuação das empresas no setor. Segundo pesquisa da ANEEL realizada no início de 2017, quase 40% das empresas do ramo possuem menos de 1 ano de atuação, e praticamente 75% não estão há mais de 2 anos no mercado:

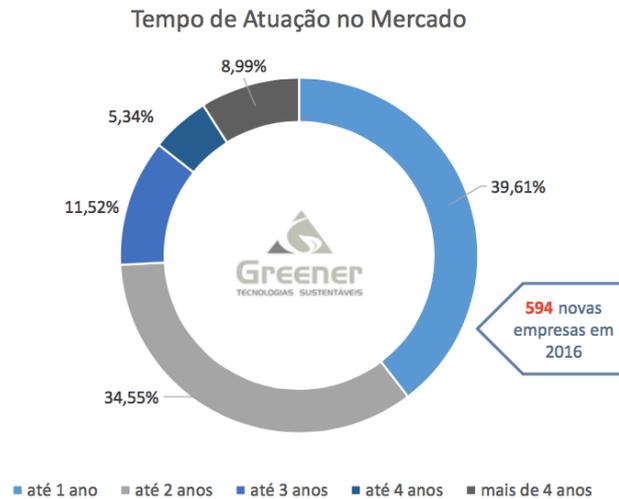


Figura 2. Tempo de atuação no mercado. Fonte: ANEEL.

Dados da mesma pesquisa evidenciam que 51,59% do mercado está insatisfeito com o atual cenário de negócios (até o fim de 2016). Entretanto, o otimismo para o ano de 2017 é alto, com mais de 70% dos atores acreditando em um bom desempenho do setor. Para 59% das empresas o fator mais importante para prospecção seria uma linha de financiamento com taxa de juros mais atrativas, e em segundo lugar com pouco de mais de 20% a redução nos preços dos sistemas solares fotovoltaicos.

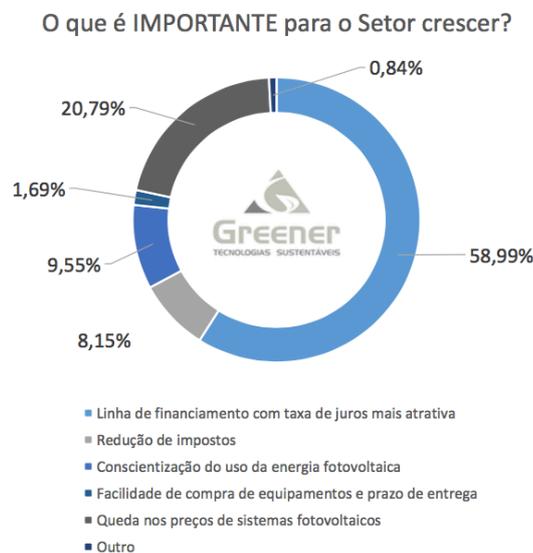


Figura 3. O que é importante para o Setor crescer? Fonte: ANEEL.

O mercado fotovoltaico possui sua maior concentração na região sudeste do país, com empresas do estado de São Paulo representando 20% do total, sendo deles 4,5% na capital. Apesar de todo o potencial do setor, o crescimento nos últimos 6 meses das empresas envolvidas na pesquisa é baixo e em alguns casos até mesmo estagnado, conforme ilustrado na figura seguinte:

CRESCIMENTO DAS EMPRESAS NOS ÚLTIMOS 6 MESES

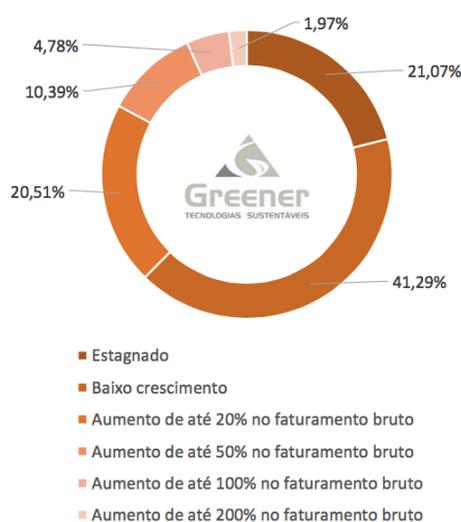


Figura 4. Crescimento das empresas nos últimos 6 meses. Fonte: ANEEL.

No mesmo período observou-se que 72% das empresas vendem mensalmente apenas 1 sistema solar, e acima de 94% vendem 3 ou menos. Por conta desta pequena quantidade de vendas, o faturamento bruto mensal do setor é de até R\$ 20.000,00 para 41,85% das empresas.

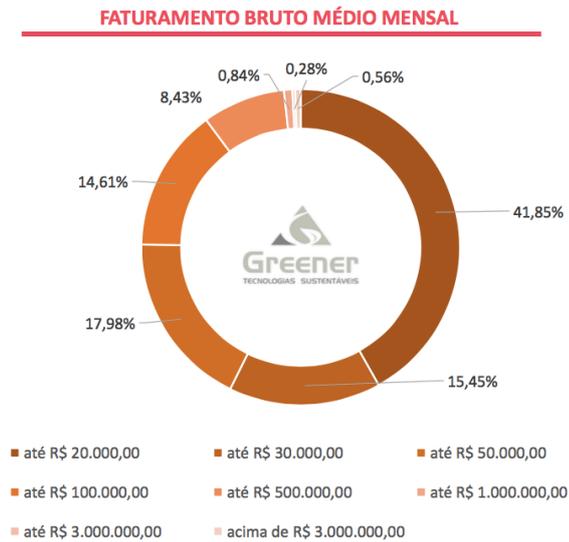


Figura 5. Faturamento bruto médio mensal. Fonte: ANEEL.

Diante do cenário exposto pelas métricas acima, observa-se que o mercado solar fotovoltaico não tem apresentado os resultados esperados. Por conseguinte, a maior parte das empresas acumulou prejuízo nos últimos períodos. No entanto, há uma confiança mútua entre os envolvidos do setor que as perspectivas para os próximos anos compensarão todo o investimento.

3. Metodologia

O presente estudo será desenvolvido através de metodologia documental, baseada nos aspectos regulatórios e tecnológicos do setor solar fotovoltaico no Brasil.

Inicialmente, serão abordadas regulamentações vigentes, as quais já foram apresentadas no capítulo anterior, com maior aprofundamento. Para que sejam discutidas as perspectivas do mercado fotovoltaico, políticas internacionais e suas consequências devem ser estudadas. E, por extensão, as expectativas em âmbito nacional.

O estudo dos avanços tecnológicos serão abordados a partir do mesmo prisma. Na última década as conquistas neste campo foram significantes, o que permitiu que os sistemas solares evoluíssem exponencialmente. Acerca das tecnologias por vir que já foram desenvolvidas, porém ainda não comercializadas em larga escala no mundo - ou apenas no Brasil - se buscará avaliar como tendem a impactar o mercado.

4. Desenvolvimento / Discussão Regulatória

Atualmente, a legislação brasileira do sistema de compensação de energia elétrica é representada pelo sistema de *net metering*, possibilitado pela instalação de um relógio bidirecional no quadro de luz do local de geração. A parte da energia gerada a partir do sistema solar que não for consumida instantaneamente será injetada na rede pública e descontada em sua tarifa mensal que é determinada separadamente para cada concessionária pela ANEEL. A este excedente, caso seja mais valioso que seu consumo, se atribuirá um crédito válido por 5 anos.

4.1. Desdobramento da Resolução Normativa 687/2015

A Resolução Normativa 687/2015 é uma revisão da Resolução Normativa 482/2012, implementada a partir de 1º de março de 2016. Esta resolução, considerada como o mais importante regulamento de energia fotovoltaica do país, possibilitou que a utilização da energia gerada por micro e minigeradores fosse distribuída de quatro formas: uso no local, autoconsumo remoto, empreendimentos de múltiplas unidades e geração compartilhada.

A geração aproveitada no próprio local ocorre, em sua maioria, caso o consumo caracterize-se inconstante. Dessa forma, será debitado o excedente em alguma época futura. A segunda configuração consiste em reaproveitamento do crédito por alguma outra unidade registrada sob o mesmo CPF ou CNPJ, desde que o local seja atendido pela mesma concessionária de energia elétrica.

Ambas as possibilidades acima já estão vigentes desde 2012, sendo apenas aprimoradas na revisão seguinte. Por outro lado, os empreendimentos de múltiplas unidades e a geração compartilhada, são novidades provenientes da nova resolução. Devido ao seu maior destaque, cada configuração será detalhada nos subcapítulos 4.1.1. e 4.1.2.

Segundo dados obtidos no site próprio da Aneel em 2017, o total de unidades geradoras é inferior, em quase mil unidades, ao total de unidades que recebem créditos. Demonstrando, portanto, quantitativamente a efetivação do compartilhamento de geração, possibilitado pela lei atual, de acordo com a qual unidades geradoras distribuem seus créditos excedentes. A figura abaixo deixam os números explícitos:

UNIDADES CONSUMIDOREAS COM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA			
CLASSES	QUANTIDADE	QTD UCS QUE RECEBEM CRÉDITOS	POTÊNCIA INSTALADA
COMERCIAL	1.394	1.699	38.442,76
ILUMINAÇÃO PÚBLICA	5	5	46,52
INDUSTRIAL	205	228	22.391,78
PODER PÚBLICO	80	122	3.300,80
RESIDENCIAL	7.183	7.707	29.564,82
RURAL	189	290	7.704,91
SERVIÇO PÚBLICO	26	26	543,02
TOTAL	9.082	10.077	101.995

Figura 6. Unidades consumidoras com geração distribuída. Fonte: ANEEL

4.1.1. Condomínios Solares

Os empreendimentos com múltiplas unidades, terceira forma de participação no sistema de compensação, estabelecem que a instalação de um sistema solar em um condomínio comum pode ter seus créditos rateados entre os condôminos. As porcentagens de cada proprietário deverão ser previamente acordadas pelos mesmos. Apoiado pela regulamentação, mencionada no subcapítulo 4.1, as instalações de sistemas fotovoltaicos tornaram-se mais atrativas entre condôminos.

Entre as áreas de um condomínio existe a chance que certas residências tenham telhados apropriados para painéis solares, enquanto outros não. O novo regulamento abriu portas a quem esteja em localização com pouca ou nenhuma radiação solar.

O principal benefício da geração de energia desta maneira é que os envolvidos paguem menos do que o costumeiro das distribuidoras. O termo “condomínio solar” é referenciado, por muitos especialistas, também ao tratar de geração compartilhada, Entretanto, para fins de estudo, denominarei essa configuração como “consórcios” ou “cooperativas solares”.

4.1.2. Consórcios / Cooperativas Solares

Diante da Resolução Normativa 687/2015, permitiu-se que o excedente da geração solar seja transferido como crédito para diminuir o valor da conta de energia dos consorciados e cooperados, sejam eles pessoas físicas ou jurídicas, mesmo em unidades distantes do local gerador. De acordo com Raphael Vale, presidente da Coober, a possibilidade de gerar energia organizada em forma cooperativa é uma revolução para a setor fotovoltaico brasileiro.

A Cooperativa Brasileira de Energia Renovável (Coober), assim como outras cooperativas solares, participa da Organização das Cooperativas do Brasil (OCB). Por sugestão do analista da OCB, Marco Olívio Morata, houve a inclusão da modalidade de geração compartilhada durante audiência pública da ANEEL: “A gente vê no cooperativismo uma forma de universalizar a possibilidade de gerar energia própria, ou seja, quem não tem casa própria pode se unir em uma cooperativa e instalar os painéis solares conjuntamente”.

No Ceará, está situada a primeira usina de cooperativa de energia renovável no Brasil, no município de Tabuleiro do Norte. Toda a energia gerada pelo empreendimento é injetada na concessionária responsável pelo local. Em seguida, acontece a redistribuição entre os colaboradores, descontando diretamente da conta de luz em separado. O projeto de microgeração abastece simultaneamente 38 farmácias do estado.

Em uma área de 35 mil m², a primeira usina brasileira possui 3.420 painéis solares. A usina tem uma potência total de 1,1MWp, suficiente para o consumo médio de 900 residências. Neste empreendimento gera-se 1.500MWh de energia limpa por ano. Em termos ambientais, 230 toneladas de CO₂ a menos são liberadas, o equivalente ao plantio de 1.368 árvores por ano, assim como a 228 carros rodando e a economia de 2 bilhões de litros de água.

As principais vantagens da geração compartilhada são, segundo especialistas: redução do valor de investimento de compra; flexibilidade na produção, ao alcançar lugares que contém limitações de espaço para geração

solar; maior leque de opções para potenciais geradores; maior poder de barganha junto às concessionárias; e por fim, benefícios e isenções fiscais.

Caso deseje ser integrante de uma cooperativa solar há duas opções: Propriedade e Aluguel. Ao atuar como proprietário, alguns lotes de painéis são de sua posse e ou uma participação no projeto. Ao comprar uma propriedade se pode escolher entre ser beneficiado diretamente da energia gerada ou de financiar o sistema solar. Em outra posição, tornando-se assinante, o locador obtém vantagem ao pagar um preço mais baixo em geração compartilhada porque, afinal, não há compra. Por não demandar um alto investimento de imediato essa alternativa é vista com bons olhos por muitos potenciais colaboradores.

Questionadas pelos Institutos Ideal e AHK-RJ na 4ª edição do estudo “O Mercado Brasileiro de Geração Distribuída Fotovoltaica”, uma amostra de empresas privadas do mercado fotovoltaico apresentou dados sobre o percentual que desenvolveu novos projetos à base das novas configurações da Resolução Normativa 687:

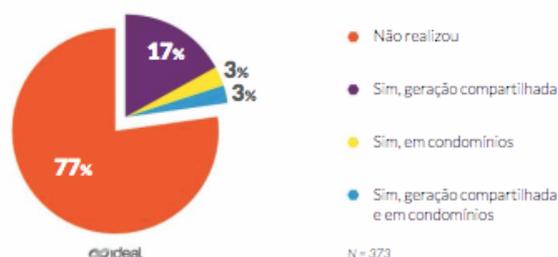


Figura 7. Novos projetos à base das configurações da RN 687/2015. Fonte: Ideal.

Como evidenciado pelo gráfico acima, quase 80% do setor ainda não realizou nenhum projeto nas modalidades inovadoras. Dentre as adotantes, acentua-se a geração compartilhada. A mesma pesquisa trouxe à tona que 53% das empresas que implementaram geração compartilhada, enfrentaram dificuldades na execução. O motivo decisivo, relatado pelas empresas, foi a ineficiência junto às concessionárias. Segundo uma das empresas entrevistadas, cujo nome não foi identificado na pesquisa: “Os projetos levaram muito tempo

para serem avaliados, houve incoerências técnicas em avaliação de documentos e faturas incorretas de energia”. Diante desse cenário, há um importante campo ainda a ser explorado cuja abertura se deu pela regulamentação vigente desde março de 2016.

4.2. Impostos e Encargos

A cobrança de impostos e tributos é de responsabilidade da Receita Federal e das Secretarias de Fazenda Estaduais. Tratando de energia fotovoltaica, incidem: em âmbito estadual ICMS, e em âmbito nacional PIS/COFINS.

4.2.1. ICMS

O Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) é aplicável à qualquer forma de energia elétrica. Adotado por 21 estados brasileiros, o convênio ICMS 16 de 22 de abril de 2015, concedeu isenção fiscal ao consumo que fosse menor ou igual à geração fotovoltaica. Em outras palavras, as operações de circulação de energia não eram tributadas. Nessa regulamentação, apenas a diferença entre a energia consumida e a energia injetada é taxada.

Os estados que estão sob tal determinação são: Acre, Alagoas, Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima, São Paulo, Sergipe, Tocantins e o Distrito Federal. O restante opera dentro do convênio ICMS 6, de 5 de abril de 2013, cuja apuração é em cima de toda energia consumida de procedência da distribuidora, sem descontar a microgeração solar. Esse convênio foi revogado nos estados mencionados acima, após levantamento da Aneel junto ao Ministério da Fazenda, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Ministério de Minas e Energia e com o Congresso Nacional, o Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ).

4.2.2. PIS/COFINS

A alíquota do Programa de Interação Social (PIS) e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) são de origem federal, portanto são cobradas igualmente para todo o território brasileiro. Em outubro de 2015, com a publicação da lei no 13.169, os impostos PIS e COFINS no contexto de geração solar distribuída começaram a incidir similarmente ao ICMS. No entanto, por ser um desconto sobre a receita, a tributação tem como base apenas o crédito entre o injetado e o consumido pelo microgerador, caso haja crédito excedente.

4.3. Exemplos Internacionais

Internacionalmente, políticas públicas têm outorgado subsídios para atribuir tarifas especiais àqueles que geram energia de fontes renováveis. O mercado fotovoltaico não se mostrou capaz de alcançar sustentabilidade econômica por si mesmo, com uma insuficiente economia de escala e altos custos de produção e comercialização. Nessa linha, muitos governos propuseram ações em prol de desenvolver o setor, com destaque para Alemanha, Espanha, Itália, Chile e Estados Unidos.

Os incentivos se assemelham entre instrumentos de mercado e instrumentos públicos. Financiamentos e empréstimos são concedidos a taxas baixíssimas ou até isentas. Com maior viabilidade econômica tanto para empresas, quanto para consumidores finais, o crescimento da energia solar é notável.

4.3.1. Alemanha

Pioneira do sistema de tarifas *feed in*, a Alemanha adotou esse incentivo a partir dos anos 1990, objetivando que o número de geradores fotovoltaicos aumentasse. Nesse propósito, a medida foi efetiva. Entretanto, no longo prazo observaram-se falhas no sistema, causando problemas às concessionárias.

O *feed in tariff* consiste no pagamento de tarifas especiais para todas as unidades que estejam gerando energia através de fontes alternativas e

descentralizadas. Uma cota da energia que é gerada tem garantia de compra pelas concessionárias locais, em uma espécie de subsídio. As tarifas de venda, denominadas tarifas prêmio, são previamente estabelecidas pelo poder público, para um período de 10 a 20 anos.

Posteriormente, essa energia é distribuída na rede local, e repassada aos consumidores, surgindo assim uma barreira. O consumidor que não dispõe de energia solar eventualmente começa a pagar um valor mais alto em sua conta de luz. Assim sendo, quem está gerando energia fotovoltaica está em uma ótima posição, enquanto quem não gera se vê em uma situação problemática. Caso fossem viabilizados sistemas solares para todos tal cenário seria o ideal, porém parte da população pode não possuir recurso para investimento.

4.3.2. Espanha

Similar à proposta germânica, a Espanha também introduziu em sua regulamentação o *feed in tariff*. A principal distinção é que os espanhóis têm como optar como desejam negociar a energia que produz, se desejam vender sob tarifa fixa ou pelo valor de mercado. As legislações que proporcionam essas alternativas são: Plano de Energias Renováveis da Espanha 2005-2010, Decreto real número 661/2007 e Decreto Real número 1578/2008.

4.3.3. Itália

No ano de 2011, a Itália alcançou a primeira colocação como país de maior geração de energia fotovoltaica conectada à rede, superando a Alemanha naquele momento. Por trás desse feito, foram modernizadas as redes elétricas do sul do país em prol de viabilizar a transmissão da energia gerada pelo microprodutores, sob o sistema de compensação *net metering*. O Ministério de Economia e Desenvolvimento italiano foi responsável pelo projeto, com um investimento de 200 milhões de euros.

4.3.4. Chile

O Chile é o país de economia emergente com maior percentual de energia fotovoltaica em sua matriz energética atualmente. Frente à crise energética que o país sofreu em 2003 por conta do corte do gás natural que vinha da Argentina,

foram promulgadas as leis Curta I e Curta II. Ao regular o setor elétrico, essa legislação abriu portas para a inserção de energias renováveis a partir de 2004-2005. Três anos depois se tornou obrigatório que as empresas geradoras de energia acima de 20 MW produzissem um percentual de Energias Renováveis Não Convencionais (ERNC), onde se enquadra energia fotovoltaica. Inicialmente essa porcentagem foi de 5% até 2015 e desde então cresce 0,5% ao ano. Há punição para as empresas que não mantiverem sua responsabilidade. Observa-se, portanto, a forte regulamentação no país chileno e os prósperos resultados subsequentes.

4.3.5. Estados Unidos

Destaque em incentivos às energias limpas, os Estados Unidos implementaram múltiplas iniciativas nos últimos anos. Medidas como redução da taxa de juros para financiamento de sistemas solares, dedução de impostos, legislação a utilities, resultaram em um crescimento constante da indústria. Essas propostas têm origem tanto públicas, quanto privadas, com alguns destaques a seguir.

A *Public Service Electric & Gas Company* (PSEG), maior utility de Nova Jersey, iniciou um financiamento de energia solar para consumidores residências, comerciais e do setor público, *Solar Loans*. O adiantamento de 40% a 60% dos custos do sistema solar pode ser pago por *Solar Renewable Certificates* (SREC), certificados que o gerador de energia solar conquista ao produzir 1000kWh.

Redigida pela *New Jersey Board of Public Utilities*, a regulamentação promove créditos de energia renovável no formato de certificados negociáveis. Viabilizados também em mais de 30 outros estados americanos, os SRECs se baseiam na *Renewable Portfolio Standard* (RPS), lei que obriga as distribuidoras a produzir um determinado percentual de sua energia de origem renovável. Caso não consiga gerar a energia esperada para se isentar de multas, as utilities devem comprar SRECs de outros produtores.

No estado de Nova York em 2014, o governo registrou o *Reforming the Energy Vision*. O inovador programa propôs que as distribuidoras de energias não se responsabilizassem mais como proprietárias dos recursos distribuídos, e

sim operassem como plataforma. Denominadas *Distributed System Platform Provides*, as utilities reformularão o sistema por meio de otimização, assim como promoção dos mercados competitivos. Essas reformas se decorrem sob uma avançada tecnologia de engenharia de sistemas, o blockchain, tema que será abordado no capítulo 5.5.

Moody (2015), avalia em seu relatório o risco de crédito das utilities como neutro com a introdução do *Reforming the Energy Vision*: “Ao mesmo tempo em que há incerteza sobre como as distribuidoras irão empenhar o seu novo papel (...), a mudança para um novo modelo que incorpora novas tecnologias – que seriam introduzidas no sistema mais cedo ou mais tarde – de uma maneira ordenada e planejada é um benefício que mitiga o risco de tais mudanças”.

4.4. Expectativas Nacionais

O Departamento de Recurso Energéticos do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), descreve - no relatório elaborado em 2017 sobre o futuro da energia solar - a essencialidade de que sejam ativados mais programas e incentivos no mundo. Para desenvolver todo o potencial solar fotovoltaico o sistema de compensação atual exige complementação. Apesar deste estudo ter como base os Estados Unidos, a consideração é válida para todos os países, tendo em vista que os americanos possuem um dos cenários mais avançados do mundo.

Nos pilares de sustentabilidade: ambiental, econômico e social, propostos pela Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE), o Brasil não está satisfazendo todas. Em quesitos ambientais, não há controvérsias da enorme vantagem resultante dos incentivos a mini e microgeração de fontes renováveis. Por outro lado, em aspectos econômicos e sociais, a atual regulamentação apresenta falhas.

Um dos fatores apontados por Nelson Fonseca Leite, presidente da ABRADEE, é a dependência de subsídios tarifários. O executivo adjetiva o subsídio como “perverso”, pois inicialmente irá baratear as tarifas de distribuição compulsoriamente, para que, em seguida, aumente as tarifas para todos os

demais consumidores, até mesmo os de menor poder aquisitivo. Neste ponto, evidenciam-se problemas socioeconômicos. Aquele consumidor que gerar sua própria energia estará em ótima posição. No entanto, quem não tiver capital para adquirir um sistema solar vai pagar mais caro a tarifa como compensação.

Outras críticas foram apontadas por especialistas ao atual modelo de sistema de compensação de energia, o *net metering*. Distingue-se ao *feed in tariff* (que também registrou falhas), onde o valor da remuneração da geração é previamente estabelecida. As concessionárias brasileiras possuem tarifas próprias determinadas pela ANEEL. Nascimento (2017) acentua a importância da manutenção do sistema de compensação a partir da inserção dos recursos energéticos distribuídos. O consultor legislativo de Recursos Minerais, Híbridos e Energéticos recomenda o estabelecimento de um prazo máximo de dez anos para reavaliação do modelo. É esperado que nos próximos anos, os sistemas solares tenham seu custo de instalação amplamente reduzido, o que não implicaria mais na necessidade de subsídios.

Em contrapartida, é importante destacar a evolução na regulamentação nos últimos anos, principalmente a partir da Resolução Normativa 687/2015, assim como do convênio ICMS 16/2015. Em consequência, os preços dos sistemas solares vêm se tornando mais acessíveis para o pequeno consumidor, como destaca Diogo Zaverucha, sócio diretor da empresa SolarGrid, líder de vendas no estado do Rio de Janeiro, em reportagem para o Valor Econômico de setembro de 2017: “Em 2014, o *payback* (prazo de retorno do investimento) de instalação de projeto de energia solar era de dez anos. Em 2017, em Minas Gerais, o *payback* é de quatro anos”. Em seu apontamento, ao mencionar o estado mineiro, Zaverucha ressalta a diferença tarifária ao longo do território brasileiro.

Em face ao exposto, realça-se a necessidade de atuação do poder público na indústria fotovoltaica. O crescimento do setor no Brasil nos últimos anos é notável, como apontam pesquisas. No entanto, a regulamentação ainda não atende devidamente os mini e microgeradores, apresentando assim um desafio para as empresas atuantes no mercado. Os exemplos de sucesso internacionais, tais como os casos da Alemanha e Estados Unidos, são referências importantes ao examinarmos a prospecção do mercado brasileiro nos próximos anos.

5. Avanços Tecnológicos

Em variados países estímulos de distintas implicações têm sido adotados para alavancar o desenvolvimento de energia solar fotovoltaica. Políticas de incentivo como: empréstimos, financiamentos, isenções/reduções tributárias, regulamentações, fortalecimento da indústria e P&D. À este contexto, somam-se as tecnologias que desempenham papel fundamental no crescimento das energias renováveis, com esforços sendo feitos em prol de aumentar a competitividade no mercado frente às outras fontes de energia.

5.1. Painéis Solares

Nos últimos anos, as inovações apresentadas pelos desenvolvedores de painéis solares estão sempre entre os principais avanços tecnológicos do momento. A maior parte das pesquisas feitas na área procura aumentar a eficiência das células solares na absorção dos raios do sol e transformação para energia elétrica. Atualmente, os sistemas solares mais comercializados têm como principal matéria prima o silício e sua eficiência está em torno de 15% a 20%, nos cenários mais propícios. Alguns exemplos de tecnologias impactantes e bem avaliadas por instituições de peso serão apresentadas no decorrer do capítulo.

Ao fim de 2016, pesquisadores do MIT desenvolveram um dispositivo composto por nanotubos de carbono e cristais nanofotônicos, denominado Solar Termofotovoltaica. Os tubos convertem espectros de luz em térmica, aquecendo os cristais, e posteriormente, os cristais transferem essa luz como energia na radiação que as células de silício capturam. Ainda ausente do mercado, essa tecnologia deve alcançar uma eficiência de 80% de conversão, impulsionando as compras de painéis solares.

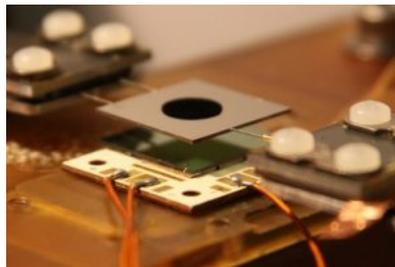


Figura 8. Solar Termofotovoltaica.

Outro interessante avanço que já está proposto, porém ainda em fase de licenciamento, são as Células Fotovoltaicas Concentradas. A *International Business Machines* (IBM), identificou uma forma de concentrar as células solares, aumentando a geração em até 5 vezes. Através de uma grande lente focalizadora, somente uma fração do material do semicondutor é necessária para a mesma produção. Sendo assim, a geração seria a mesma em um menor espaço, diminuindo os custos de fabricação. O uso dessa tecnologia ainda está em negociação frente a empresas de painéis solares, representada pela IBM e pela associada suíça *Airlight Energy*.

O uso de outra matéria prima na produção também tem sido explorado por equipes de pesquisa dos EUA e Suíça aonde, ao invés de silício, emprega-se Perovskita, um composto de híbridos orgânicos e inorgânicos com uma estrutura cristalina. As células de Perovskita são confeccionadas em uma película fina do material, igualmente eficiente como as células fotovoltaicas convencionais de silício, que possuem camada mais espessa. As maiores vantagens dessa tecnologia de ponta é o baixo custo e a facilidade de produção. Em contrapartida, a durabilidade do produto ainda é significativamente menor frente aos atualmente vendidos devido à rápida degradação em ambientes úmidos e quentes. A fabricação de uma célula combinada de Perovskita e silício, apesar de ainda estar em fase de pesquisa, é apontada como uma alternativa atingindo eficiência recorde de 23,5%.



Figura 9. Célula Perovskita.

As inovações já presentes no mercado que têm alcançado os melhores índices de venda são as telhas solares. Desenvolvidas por diversos fabricantes, muitos modelos são comercializados, como por exemplo a *Tegola Solare*, resultado de pesquisa em conjunto da *Area Industrie Ceramiche* e da *Renewable Energy Mediterranean*, além da marcante *Solar Roof* da *Tesla*, autoria de Elon Musk. As telhas solares além de igualmente eficientes são valorizadas pelo seu design. Assim enfatizou Musk no lançamento de seu produto: “Qual o futuro que queremos? Nós queremos olhar ao redor e ver telhados que são bonitos e que absorvem energia do sol.”



Figura 10. Tesla Solarroof.

5.2. Smartgrid

O sistema de rede inteligente (do inglês Smartgrid) é um sistema de distribuição e transmissão de energia elétrica automatizado, apoiado em recursos tecnológicos de alto valor agregado. Os smartgrids permitem uma

conexão constante entre os consumidores de energia, os geradores, as concessionárias e todo o sistema elétrico. O elemento crucial para a alavancagem dessas redes são os medidores eletrônicos inteligentes, que inovam ao possibilitar funcionalidades diferentes dos medidores convencionais, como a medição remota, a programação de eventos e o envio de alarmes. A comunicação entre as redes inteligentes é tanto interna quanto externa.

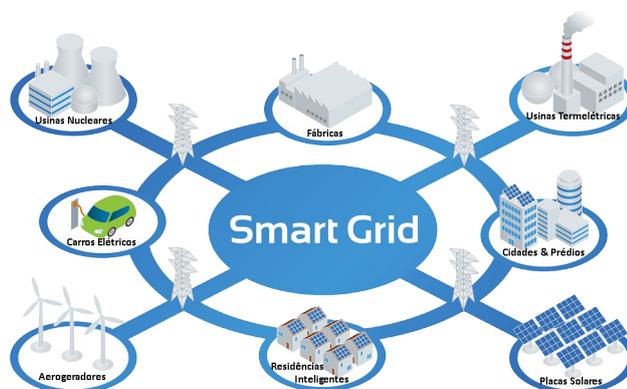


Figura 11. Ilustração Smartgrid.

A partir da implementação dessa tecnologia, as inconstantes demandas energéticas da sociedade poderão ser monitoradas e atendidas. Em um local onde há smartgrid, pode-se programar a execução de certas atividades em função da oferta de energia da rede. Por exemplo, em sua residência você passa a ter opção de deixar a máquina de lavar em espera até que seja identificado o momento mais apropriado para ligar, assim como qualquer outro dispositivo. O smartgrid permite integração entre todos os aparelhos eletrônicos, concedendo acessibilidade aos usuários.

Ao longo do extenso território brasileiro, a transmissão de energia elétrica é um desafio para as concessionárias, e uma das maiores causas de falta de energia. Frente a isso a Eletrobrás, que atende ao Acre, Alagoas, Amazonas, Piauí, Rondônia e Roraima, é um exemplo que aderiu à modernização de sua infraestrutura com base na construção de smartgrids. O projeto Energia+, que obteve um financiamento de 247 milhões de reais do Banco Mundial, objetiva otimizar custos, reduzir o total de perdas de energia, melhorar a qualidade da distribuição e gerar tarifas mais baixas aos consumidores. Luiz Armando Crestana, diretor comercial da Eletrobrás em entrevista para a Revista Exame de julho de 2017, enxerga no imediatismo da comunicação uma enorme vantagem

do smartgrid: “O sistema informa a central rapidamente, quando acontece algum problema, para que a energia seja restabelecida.”

No campo das fontes de energia renováveis, a rede inteligente é vista como ferramenta que irá proporcionar um funcionamento perfeito dos sistemas geradores com todo o sistema elétrico. Graças ao desenvolvimento da geração distribuída, onde se diminui a dependência de grandes centrais elétricas, os microgeradores fotovoltaicos se tornam agentes importantes no fornecimento de energia à rede. Essa responsabilidade de distribuição é facilitada pela inserção dos smartgrids.

Devido à nova infraestrutura de distribuição que está se disseminando se faz necessário um aprimoramento na medição do que está sendo inserido e consumido junto às concessionárias. O controle para que não haja problemas na corrente, tampouco na tensão, é executado com perfeição pelo smartgrid. Ainda em fase embrionária no Brasil, as redes inteligentes já operam com proeza em algumas grandes cidades como Paris, Estocolmo, Copenhague, Glasgow e Miami.

5.3. Blockchain – Energia Solar

Na publicação do artigo “BitCoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System” de Satoshi Nakamoto em 2008, definiu-se pela primeira vez o conceito de blockchain. A arquitetura *peer-to-peer* permite o compartilhamento de serviços e dados, armazenando os registros em todos os computadores envolvidos, descartando a necessidade de um servidor central. “Por design, o blockchain reforça a transparência, a segurança, a autenticidade e a auditabilidade necessárias para tornar possível o rastreamento da cadeia de custódia e dos atributos dos produtos, o que, por sua vez, permite aos clientes obter com alta qualidade as informações necessárias para a tomada de decisão.” (Baker, et al., 2015).

Originalmente aplicado apenas em gerenciamento de livros de contabilidade compartilhada, o blockchain está expandindo no mundo de negócios para diversos setores, desde agronegócio ao terceiro setor, passando

também pela geração distribuída de energia. Assim, torna-se cada vez mais abrangente o uso dessa tecnologia de registro de informações digitais, como classifica o jornalista Gustavo Brigatto em sua matéria para o Valor Econômico de 25 de outubro de 2017.

A implicação dessa ferramenta no mercado de energia solar é apontado, por muitos especialistas, como o mais adequado para o crescimento do setor. A tecnologia de blockchain do Bitcoin viabiliza a comercialização da energia gerada de forma transparente e interconectada. Laurent Schmitt, líder de Estratégia de Redes Inteligentes para as Soluções de Grid da *General Electric*, opina que o blockchain é responsável por fornecer transparência nas trocas de ativos renováveis entre famílias e empresas.

Ao produzir a sua própria energia através de geração fotovoltaica, o *prosumer* recebe uma certificação válida como moeda de troca. Esse certificado criptografado pode ser vendido para outros geradores ou mesmo para quem não tem geração própria. Agrega-se a isso a possibilidade de ser negociado no mercado de Bitcoin. A negociação é baseada em uma cadeia transacional de blockchain, aberta à visualização de todos, fornecendo medição, consumo e todos os dados relevantes em tempo real.

Como mencionado no capítulo 4.3.5., os Estados Unidos são pioneiros dessa tecnologia e as regulamentações já foram estabelecidas por muitos governos estaduais. Por exemplo, uma distribuidora de energia, que não consiga produzir devidamente o seu percentual obrigatório de energia solar, pode comprar certificado de geração de qualquer outro gerador, seja uma outra distribuidora, seja até mesmo de um microgerador.

Nesse contexto, alguns cripto-certificados já estão operando em mais de 30 países, sendo os principais deles: Solarcoin e Suncoin, cujas aplicações e funcionamento são similares. Os certificados criptografados de geração de energia fotovoltaica são apontados como a mais próspera tecnologia no setor por diversas mídias científicas de circulação: *Scientific American*, *The new scientist*, *Solar choice*, *Les echos*, *Best business practice*, *Newsit24*, *Irsorole24* e *Power technology*.

6. Conclusões

O ponto fundamental da pesquisa foi diagnosticar as atuais circunstâncias do mercado de energia solar fotovoltaica, em perspectivas nacionais, e as projeções para os anos por vir. Ao analisar os impactos das políticas públicas e dos avanços tecnológicos alguns pontos ganham destaque.

Ainda que apresentando impressionantes índices de crescimento em anos recentes e melhorias legais, o Brasil, com um potencial enorme, não é encarado como um cenário próspero para os agentes do setor fotovoltaico. Como afirmam muitos especialistas, o governo deve buscar caminhos mais agressivos para uma maior inserção de energia solar na matriz energética brasileira.

Na regulamentação vigente do sistema de compensação de energia, o gerador não é privilegiado de um tratamento especial por produzir energia limpa. A tarifa que lhe é cobrada quando o consumo é maior sofre incidência de ICMS, assim como PIS e COFINS sob o crédito se houver excedente. Cada concessionária possui o direito de estabelecer sua tarifa. Por conseguinte, os sistemas solares exigem um investimento inicial elevado e um retorno mais longo, tornando-se pouco atrativos junto aos consumidores.

Com base nas experiências internacionais que o Brasil deve observar, outros modelos são alternativas para a prospecção do setor. O *feed in tariff*, presente em países como Alemanha, Itália e Espanha, apesar de ter proporcionado um enorme desenvolvimento da fonte solar nos respectivos países, enfrenta problemas no longo prazo. A veiculação de certificados de geração de energia solar, iniciada no Estados Unidos, se mostra o caminho mais apropriado para o mercado. Esse modelo atende adequadamente a geração distribuída, e com a evolução das tecnologias de smartgrid e blockchain, garante funcionalidade perfeita e transparente.

O desenvolvimento das tecnologias de redes inteligentes, assim como o blockchain, permitem que toda geração a partir de fonte renovável seja inserida

e transferida na rede, com monitoramento de forma descentralizada, sem que haja dependência das instituições públicas. No entanto, para que sejam estabelecidas no primeiro momento no mercado, demanda-se uma iniciativa do poder público para implementação da legislação que permita valorizar a geração solar sob formato de certificado. A comercialização do certificado solar criptografado é direta com Bitcoin, moeda digital criptografada de maior circulação no mundo, já presente na pauta dos bancos brasileiros.

Este estudo sobre a alavancagem da energia solar na matriz energética revelou ser imprescindível que as concessionárias de energia elétrica exerçam papel fundamental no desenvolvimento, nos mesmos pilares de modernização e regulamentação. Frente aos muitos problemas de transmissão no Brasil a presença de smartgrids traz inúmeros benefícios. Em complementação, os casos de sucesso internacionais, demonstram a necessidade da aplicação de uma lei onde as distribuidoras sejam obrigadas a gerar energia solar sob um percentual, ou comprar de outro gerador.

O Brasil ainda está distante de viabilizar uma conexão de redes inteligentes que funcione ao longo de todo o extenso território brasileiro. A distribuição de energia a locais isolados é um problema no planejamento energético do país. A implementação do smartgrid demanda que todos esses locais tenham conexão com internet, entre outras dificuldades. Por outro lado, a veiculação dos certificados solares, como o Solarcoin, é uma realidade mais próxima, frente à existência de cadeias blockchain em outras implicações. O único empecilho no momento, é legalizar a certificação da geração de energia solar para que o produtor possa trocar pela moeda solar, e em seguida transferir e comercializar a seu dispor.

Acrescenta-se a isso que há diversas ações que podem ser tomadas para tornar os sistemas solares mais acessíveis para quem compra e, conseqüentemente, para quem vende. E, além de regulamentações, também é de suma importância que haja investimentos substanciais no setor, sejam de origem pública ou privada. Para otimizar os custos para os geradores de energia fotovoltaica investimentos em P&D podem, por exemplo, aumentar a eficiência dos painéis solares e, em conseqüência, reduzir o *payback* para o comprador.

O mercado fotovoltaico no Brasil se encontra em uma posição onde há muito a evoluir e as perspectivas devem ser otimistas frente ao cenário proposto. Fortalecido pelas evoluções que ocorreram nos anos recentes, através da geração distribuída, o país deve, caso seja tomada a decisão de propor fortes incentivos à indústria, atingir um percentual desejável de energia solar na matriz energética.

Ao concluir, recomendo estudo futuro acerca do desenvolvimento do mercado nacional, independente do surgimento de novos incentivos. Em âmbito internacional, é importante avaliar o impacto da implementação das regulamentações e das tecnologias que foram destacadas. Por conta de se tratar de um tema recente, todas as transições do mercado têm de ser devidamente diagnosticadas.

Referências Bibliográficas

SILVA, T.B.; HOLANDA, L.; CUNHA, P.C.F. – Recursos Energéticos Distribuídos. **FGV Energia**, Rio de Janeiro, no 7, maio 2016.

CORREIA, T. – Recursos Energéticos Distribuídos. **FGV Energia**, Rio de Janeiro, no 7, p.12, maio 2016.

WOLFGANG, P. **Energia Solar e Fontes Alternativas**. São Paulo: Pioneira, 1994.

TIRADENTES, A. A. R. **Uso da Energia Solar para Geração de Eletricidade e para Aquecimento de Água**. Lavras, Minas Gerais, 2007. Departamento de Engenharia: Universidade Federal de Lavras

PEREIRA, B. E.; MARTINS, F. R.; RUTHER R. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, São José dos Campos, 2016.

GONÇALVES, S. R. S. **Metodologia para mensuração do impacto do potencial de geração fotovoltaica no planejamento da operação energética de médio prazo**. Rio de Janeiro, 2017. Dissertação (Mestrado em Administração) - Departamento de Administração: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

VENTURA FILHO, A. **O Brasil no Contexto Energético Mundial**. São Paulo, 2007. NAIPPE – Núcleo de Análise Interdisciplinar de Políticas e Estratégias da Universidade de São Paulo.

HERNANDES, A. **Avaliação de Investimento em uma Empresa do Setor de Energia no Brasil**. São Carlos, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento de Engenharia Elétrica: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos.

NASCIMENTO, R. L. **Energia Solar no Brasil: Avaliação e Perspectivas**. Consultoria Legislativa. Câmara dos Deputados, 2017.

GUIMARÃES, F. C. M. **Uma análise dos resultados da implantação da Geração Distribuída através de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede no Brasil**. Rio de Janeiro, 2017. Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral (Pós Graduação) - Departamento de Administração: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Greener, Tecnologias Sustentáveis; Enova Solar. **Apresentação dos Resultados Gerais do Setor Fotovoltaico 1o Semestre de 2017**. – Documento Interno.

Agência Nacional de Energia Elétrica. Matriz Energética Brasileira. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>> Acesso em: 21 de abril. 2017.

Ministério de Minas e Energia. Renováveis devem manter participação de 43% na matriz energética em 2017. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/renovaveis-devemmanter-participacao-de-43-na-matriz-energetica-em-2017> Acesso em 01 de setembro de 2017.

BERMANN, C. **A energia hidrelétrica não é limpa, nem barata**. Rio de Janeiro, 2017. VioMundo. Disponível em: <<http://www.viomundo.com.br/entrevistas/bermann-a-energia-hidreletrica-nao-e-limpa-nem-barata.html>> Acesso em 15 de setembro de 2017.

Baker, Jessi and Steiner, Jutta; **Blockchain: the solution for transparency in Product; Provenance**, 2015. Disponível em: <<https://www.provenance.org/whitepaper>> Acesso em 05 de setembro de 2017.

SOUZA, R. **Sistema Fotovoltaico Off-Grid (Isolado): Você acha que sabe tudo?** BlueSol Energia Solar, 2017. Disponível em: <<http://blog.bluesol.com.br/sistema-fotovoltaico-off-grid-isolado-voce-acha-que-sabe-tudo/>> Acesso em 17 de setembro de 2017.

Cosol Condomínio Solar. **Condomínio Solar: O que é?** Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://www.cosol.com.br/como-funciona/>> Acesso em 12 de outubro de 2017.

Enel Distribuidora. **Você Sabe o que é um condomínio solar?** Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://www.enel.com.br/pr/historias/a201705-voc-sabe-o-que--um-condomnio-solar.html>> Acesso em 12 de outubro de 2017.

EBC Agência Brasil. **Cooperativas Facilitam Geração da Própria Energia Elétrica.** Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2017-03/cooperativas-facilitam-geracao-da-propria-energia-eletrica>> Acesso em 12 de outubro de 2017.

Ambiente Energia. **Primeira Cooperativa de Energia Renovável no País é Inaugurada.** Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2016/08/primeira-cooperativa-de-energia-renovavel-pais-e-inaugurada/30103>> Acesso em 12 de outubro de 2017.

ZAVERUCHA, D. **Geração solar ficará mais competitiva com mudanças no marco regulatório.** Valor Econômico, 10 de outubro de 2017. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/empresas/5150804/geracao-solar-ficara-mais-competitiva-com-mudancas-no-marco-regulatorio>> Acesso em 12 de outubro de 2017.

Solstício Energia. **Os Avanços da Energia Solar no Último Ano.** Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://www.solsticioenergia.com/2017/02/21/avancos-energia-fotovoltaica/>> Acesso em 12 de outubro de 2017.

Portal Solar. **Energia Solar Fotovoltaica**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/energia-fotovoltaica.html>> Acesso em 13 de outubro de 2017.

Instituto Ideal e Instituto AHK. **O Mercado Brasileiro de Geração Distribuída Fotovoltaica**. Edição 2017. Disponível em: <https://issuu.com/idealeco_logicas/docs/estudoidealmercadofv2017_web> Acesso em 14 de outubro de 2017.

SAUAIA, R. **ABSOLAR Apresenta Proposta para Desenvolvimento do Setor**. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/absolar-apresenta-proposta-para-desenvolvimento-do-setor.html>> Acesso em 22 de outubro de 2017.

Revista Exame. **Os 10 maiores avanços tecnológicos segundo o MIT**. Editora Abril. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/tecnologia/os-10-maiores-avancos-tecnologicos-segundo-o-mit/>> Acesso em 28 de outubro de 2017.

Business Insider. **Elon Musk has discovered a new passion in life — and it could be Tesla's best product yet**. Nova York, 2017. Disponível em: <<http://www.businessinsider.com/tesla-solar-roof-elon-musks-best-product-2017-5>> Acesso em 28 de outubro de 2017.

CPFL Energia. **Smartgrid: O que é?** Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/sites-tematicos/smart-grid/Paginas/default.aspx>> Acesso em 31 de outubro de 2017.

Correio Braziliense. **Redes inteligentes economizam energia e garantem consumo consciente**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://www.correio braziliense.com.br/app/noticia/economia/2017/01/16/internas_economia,565397/redes-inteligentes-economizam-energia.shtml> Acesso em 31 de outubro de 2017.

Revista Exame. **Por que precisamos de redes inteligentes**. Editora Abril. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/tecnologia/por-que-precisamos-de-redes-inteligentes/>> Acesso em 31 de outubro de 2017.

