

Energia fotovoltaica: historicidade e legislação pertinente

Photovoltaic energy: historicity and pertinent legislation

DOI:10.34117/bjdv7n6-736

Recebimento dos originais: 07/05/2021

Aceitação para publicação: 30/06/2021

Alan Kardec Candido dos Reis

Mestre em Sistemas de Energia-UFU

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

Rua Vereador Geraldo Moisés da Silva, s/n, Universitário, Ituiutaba – MG

alan.reis@uemg.br

Augusto Amaral Figueira

Graduado em Engenharia Elétrica- (UEMG)

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

Rua Vereador Geraldo Moisés da Silva, s/n, Universitário, Ituiutaba – MG

engaugustoamaral@gmail.com

Maria Rita Alves Silva

Graduada em Engenharia Elétrica-(UEMG)

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

Rua Vereador Geraldo Moisés da Silva, s/n, Universitário, Ituiutaba – MG

mr.alves_@live.com

Olavo Antonio de Oliveira Reis

Especialista em Engenharia Elétrica

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

Rua Vereador Geraldo Moisés da Silva, s/n, Universitário, Ituiutaba - MG

Olavo.reis@uemg.br

RESUMO

A utilização da energia e sua repartição geográfica têm variado através do tempo, de acordo com a evolução da técnica. Os contrastes maiores ocorreram depois que o homem passou a aproveitar as forças da natureza: o vento, a água e os combustíveis minerais; e, particularmente, com a descoberta da energia elétrica. O Brasil possui significativo potencial para geração de energia elétrica a partir de fonte solar, no entanto, o uso da fonte para geração de energia elétrica não apresenta a mesma relevância que possui em outros países. O presente trabalho tem por tema a energia fotovoltaica: historicidade e legislação pertinente. Busca a contextualização acerca de definições, conceitos e exemplos que possibilitem conceber sobre energia, os tipos, as reações para que as energias sejam produzidas; bem como a análise das especificamente sobre a energia fotovoltaica; e a legislação vigente acerca da energia em questão, haja vista que do período de pesquisa, até os dias atuais a legislação criada e sua evolução adequa-se as necessidades da produção, da distribuição e consumo pela sociedade. No processo de democratização do acesso à energia elétrica, é uma grande geradora de empregos, adicionando

aproximadamente 30 novos empregos diretos para cada MW instalado por ano, uma das maiores taxas de emprego do setor elétrico. A partir de 2018, iniciou-se um processo de revisão da Resolução 482, que tem como foco justamente a compensação de créditos. Ou seja, o sistema de geração distribuída permite que o consumidor gere a sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis, podendo inclusive fornecer o excedente para a rede pública, que vai funcionar como uma “grande bateria”, devolvendo essa energia injetada quando o consumidor precisar. O processo de revisão da resolução 482 a ANEEL sugere que a energia injetada na rede de distribuição da concessionária seja apenas parcialmente compensada pela distribuidora, como forma de remunerar os custos de transmissão e distribuição da energia. Essa compensação parcial da energia se daria em quadros distintos.

Palavras Chave: Brasil, potencialidade, energia fotovoltaica, legislação.

ABSTRACT

The use of energy and its geographical distribution have varied over time, according to the evolution of the technique. The greatest contrasts occurred after man came to harness the forces of nature: wind, water, and mineral fuels; and particularly with the discovery of electric energy. Brazil has significant potential for electricity generation from solar sources, however, the use of the source for electricity generation is not as relevant as it has in other countries. The present work has as its subject the photovoltaic energy: historicity and pertinent legislation. Seeks the contextualization about definitions, concepts and examples that make it possible to conceive about energy, the types, the reactions for the energies to be produced; as well as the analysis of specifically on photovoltaic energy; and, the current legislation about the energy in question, considering that from the research period, until the present day, the legislation created and its evolution is adapted to the needs of production, distribution and consumption by society. In the process of democratizing access to electricity, it is a major job generator, adding approximately 30 new direct jobs for each installed MW per year, one of the highest employment rates in the electricity sector. From 2018, a process of revision of Resolution 482 began, which focuses precisely on the offsetting of credits. That is, the distributed generation system allows the consumer to generate their own electricity from renewable sources and may even provide the surplus to the public grid, which will function as a “large battery”, returning this injected energy when the consumer need. In the process of reviewing resolution 482, ANEEL suggests that the energy injected into the utility's distribution network is only partially offset by the distributor, as a way to compensate for the transmission and distribution costs of energy. This partial energy compensation would take place in different frames.

Keywords: Brazil, potentiality, photovoltaic energy, legislation.

1 INTRODUÇÃO

A utilização da energia e sua repartição geográfica têm variado através do tempo, de acordo com a evolução da técnica. Uniformidade e equilíbrio existiam na pré-história, quando só se conhecia a energia muscular do próprio homem. A domesticação de animais e a consequente utilização de sua força trouxeram as primeiras diferenciações, que se

acentuaram com as inovações introduzidas no sistema de atrelagem e no aperfeiçoamento dos veículos. Todavia, os contrastes maiores ocorreram depois que o homem passou a aproveitar as forças da natureza: o vento, a água e os combustíveis minerais; e, particularmente, com a descoberta da energia elétrica. A modernidade trouxe pesquisas que possibilitaram utilizar a energia produzida pelo sol. (SILVA, 2015). O Brasil possui significativo potencial para geração de energia elétrica a partir de fonte solar, com níveis de irradiação solar superiores “aos de países onde projetos para aproveitamento de energia solar são amplamente disseminados, como Alemanha, França e Espanha.” (NASCIMENTO, 2017,p.04). Apesar dos altos níveis de irradiação solar no território brasileiro, o uso da fonte para geração de energia elétrica não apresenta a mesma relevância que possui em outros países, nem o mesmo desenvolvimento de outras fontes renováveis, como eólica e biomassa, que já representam, respectivamente, 6,7% e 9,4% da capacidade de geração instalada no Brasil, contra apenas 0,05% da fonte solar. (BANDEIRA, 2012). O presente artigo tem por tema a energia fotovoltaica: historicidade e legislação pertinente. Há vista que do período de pesquisa, até os dias atuais a legislação criada e sua evolução adequa-se as necessidades da produção, da distribuição e consumo pela sociedade.

2 ENERGIA SOLAR: FOTOVOLTAICA

Civilizações humanas no decorrer da história com o intuito de explorar o uso da energia solar inventaram e criaram estratégias e técnicas ao longo da evolução da humanidade ao verificarem o quanto a energia solar é essencial para o desenvolvimento da vida no planeta. Observa-se que o processo biológico é complexo e vital a manutenção da vida no planeta. Já quanto ao mecanismo físico e químico verifica-se que o Sol é uma fonte de energia inimaginável. Deste a antiguidade da humanidade os indivíduos têm aproveitado indiretamente do Sol. Culturas como a grega, a egípcia, a Inca, a mesopotâmica, a asteca entre outras mantinham relação tão intimista com o Sol que as religiões de muitas destas civilizações tinham o Sol como deus. A arquitetura também foi muito influenciada. Com tamanha importância e potencial é compreensível que no decorrer da história da humanidade diversas civilizações desenvolveram pesquisas e técnicas para aproveitar os benefícios do Sol. (CEMIG, 2012). Neste contexto é importante compreender que é possível classificar a energia solar de duas formas: a passiva e térmica, só posteriormente com o desenvolvimento de novas pesquisas foi possível adicionar uma terceira forma de energia, a energia fotovoltaica. Então resolveu-se classificar a energia de acordo com a forma como a mesma é explorada, nestes termos

a classificação ficou: energia solar ativa para aquela resultante da fotovoltaica e térmica, e a passiva aquela aproveitada sem a necessidade de ser processada.

Energia solar passiva e ativa

A energia solar passiva utiliza componentes como a construção de paredes, pisos, tetos, janelas, elementos de construção externa e paisagismo para controlar o calor e a iluminação do sol. Desenvolveu-se, então projetos específicos que visam o aproveitamento do calor bem como a energia térmica, a luz solar, o resfriamento com aproveitamento do sombreamento, em como a corrente de ar adequada para deixar o imóvel mais refrigerado.

Historicidade da Energia solar passiva

Quanto a energia solar passiva é importante ressaltar o papel dos gregos considerados pioneiros ao projetar suas casas de modo a aproveitar a luz solar, possivelmente a partir de 400 a.C. aproximadamente. A era romana pode ser citada como outro momento crucial, pois neste período o Império Romano foi o primeiro a fazer uso de janelas com a técnica da utilização de vidro de modo aproveitar a luz e armadilha de calor nas residências. Devido a importância de tal técnica providenciaram, ainda, legislação específica que penalizavam o bloqueio do acesso à luz para os vizinhos. “Os romanos foram os primeiros a construir casas de vidro ou estufas para criar adequado para o crescimento de plantas exóticas ou sementes trazidas para Roma dos confins das condições império.”(RUTHER, 2004)

O grande precursor do uso da energia solar foi Arquimedes, físico, engenheiro, inventor, astrônomo e matemático grego, que entre outras coisas desenvolveu máquinas de cerco. “Entre suas invenções militares, ele desenvolveu um sistema para incendiar os navios das frotas inimigas usando espelhos para concentrar a radiação solar em um ponto.” (RUTHER.2004, p.33) Tal técnica foi aperfeiçoada no decorrer dos anos sendo que por volta de 1792, Lavoisier químico francês criou o "forno solar", que consistia do uso de duas lentes de zoom de modo que a radiação concentrada no foco e permitidos alcançadas elevadas temperaturas em que a fusão de metais. Já em 1874, o Inglês Charles Wilson criou e dirigiu instalação encomendada pela Salitrera Lastenia Salinas para a destilação da água do mar no deserto de Atacama (Chile).

Historicidade da energia ativa – solar térmica e coletores solares

A energia solar térmica, enquanto aproveitamento da energia do Sol de modo a transferi-la para um meio que transporta calor, de modo a gerar água ou ar. E por ser uma forma de energia renovável, sustentável e ambientalmente correta começa a ter lugar no interesse nas pesquisas científicas específicas a partir do ano 1767, por ocasião do invento do heliôtermômetro pelo cientista suíço, Horace Bénédict de Saussure (físico, geólogo e alpinista), tal instrumento tem a finalidade de medir a radiação solar. Tal invento permitiu o desenvolvimento de toda pesquisa posterior que originou os instrumentos atuais utilizados para medir a radiação solar.

Em 1865, o inventor francês Auguste Mouchout conseguiu criar a primeira máquina capaz de converter energia solar em energia mecânica. “O mecanismo era gerar vapor através de um coletor solar e mover um motor pela sua pressão.” (SCHUCH, 2011, p. 19) Uma década depois, em 1877, Auguste Mouchout devido ao alto custo do projeto não pode atender o pedido de construir uma instalação específica na Argélia Francesa. Graças a suas pesquisas foi possível para Abel Pifre inventar a impressora alimentada por energia solar.

Primeiras células fotovoltaicas

Devido a importância que as células fotovoltaicas adquirem na produção da energia fotovoltaica faz-se necessário um tópico específico para a compreensão de sua contextualização histórica. Neste contexto verifica-se que em 1838 é quando a energia solar fotovoltaica aparece na história da energia solar. Já em 1838, o francês Alexandre Edmond Becquerel descobriu e pela primeira vez o efeito fotovoltaico, ao experimentar com uma bateria eletrolítica com eletrodos de platina e percebeu que, quando exposta ao sol, a corrente aumentava. Quase meio século depois em 1873, o engenheiro elétrico inglês Willoughby Smith descobre o efeito fotovoltaico em sólidos, nesta ocasião sobre Selenium. Seguindo esta linha de pesquisa, em 1877, William Grylls Adams Inglês professor de filosofia natural do Kings College de Londres, e seu aluno Richard Day Evans, descobrem que quando o selênio é exposto a luz gera-se a eletricidade, o que caracterizou especificamente a primeira célula fotovoltaica de selênio. Um século depois, já em 1953, Calvin Fuller, Gerald Pearson e Daryl Chapin descobrem a célula solar de silício. (NASCIMENTO, 2004)

Neste contexto torna-se possível a geração de energia elétrica de modo a poder ser aplicada em residências, pequenas instalações, bem como em grandes usinas

termelétricas solares. Atualmente, a tecnologia existente permite que a água seja aquecida com o uso da radiação solar, que produz vapor e, a partir deste obtém-se a energia elétrica. Observa-se, entretanto, que embora o desempenho termodinâmico não seja alto quando comparado a outros sistemas, o custo zero do combustível torna-o viável e extremamente interessante.

Usina termelétricas solares: operacionalidade

Enquanto instalação industrial na qual a radiação solar é usada para gerar eletricidade, as usinas termelétricas solar proporcionam condições adequadas para que a radiação solar usada para aquecer um fluido . De forma fluída utilizando as leis da termodinâmica há a produção de potência necessária para mover um alternador e gerar eletricidade.

Princípio de operação

De forma objetiva o funcionamento de uma usina termelétrica solar visa fazer com que a radiação solar seja concentrada em um ponto para gerar vapor, então é ativada a turbina a vapor conectada ao gerador elétrico. Este é responsável pela transformação da energia mecânica em eletricidade. Gore afirma que “a operação de uma usina termelétrica solar é extremamente semelhante à de uma usina termelétrica, popularmente chamada de ‘usina nuclear’.” (GORE. 2015,p.6)

Para capturar a energia térmica do sol é utilizado o coletor solar térmico, uma espécie de painel solar e transformá-la em energia térmica. Tal objetivo realiza-se por meio da irradiação solar nos módulos transformar-se em energia térmica, esse calor usado para gerar vapor e obter eletricidade mesmo não sendo função do coletor. Essa operacionalidade, ainda classificam os coletores em:

- a. Coletores de baixa temperatura fornecem calor útil a temperaturas abaixo de 65°C;
- b. Coletores de média temperatura fornecem calor útil a temperaturas mais alta, geralmente entre 100 e 300 ° C.
- c. Coletores de alta temperatura fornecem temperaturas acima de 500°C. Estes são usados especificamente para a geração de energia elétrica.

Sistemas de coleta para instalação solar térmica

Coleta de radiação solar

Neste sistema os coletores solares estão conectados entre si. A função dos painéis é o de capturar energia solar para transformá-la em energia térmica de modo a aumentar a temperatura do fluido que circula pela instalação. Entretanto a escolha do sistema depende das instalações térmicas solares de baixa, média ou alta temperatura destacam-se então:

- a. Coletor solar plano, sendo o mais difundido ;
- b. Coletor solar térmico não envidraçado.
- c. Coletores solares de vácuo.
- d. Coletores solares com sistemas de concentração de radiação.
- e. Coletores solares térmicos com sistemas de rastreamento da posição do Sol.

Sistema solar de acumulação de energia térmica

Neste sistema específico a armazenagem da energia térmica é feita em um tanque de acumulação para uso posterior. “A água quente obtida através do sistema de coleta é levada para o local onde será utilizada.” (MACHADO. 2014, p.129)

A água quente armazenada pode ser usada diretamente, como é o caso do aquecimento da água de uma piscina, em aplicações de demanda de aquecimento. Sendo que “como o momento de necessidade de água quente nem sempre coincide com o momento em que há radiação suficiente, será necessário aproveitar ao máximo as horas de sol para acumular energia térmica na forma de água quente.” (DAZCAL. 2008, p.9) Este sistema consiste em manter um ou mais tanques de água quente, o tamanho destes, porém, deve ser proporcional ao consumo estimado e atender à demanda por um ou dois dias.

Sistema de distribuição de energia solar térmica

Após o aquecimento do meio de transporte de calor, sejam a água ou ar, pelos coletores solares aumentando, assim, sua energia térmica transfere-se essa energia para outras fontes mais frias . Tal sistema é composto por elemento para a distribuição do meio transportador de calor e condições para que haja seu consumo – controle, tubulações, vasos de expansão, bombas, armadilhas, válvulas, entre outros. Contudo tal sistema chama a atenção por também conter o sistema de suporte com base em energia convencional de modo a evitar picos de demanda e falhas por ausência de radiação solar.

Sistemas de suporte de energia convencionais

Tais sistemas antecipam a falta de radiação solar ou até mesmo um consumo maior que o previsto.

“Na maioria dos casos, tanto em instalações em residências unifamiliares quanto em prédios residenciais, as instalações solares são projetadas para fornecer às residências 60 -80% da água quente demandada, embora em áreas com muita luz solar durante todo o período. Ano, o percentual de contribuição é geralmente mais alto.

Fingir cobrir mais de 60% ou 70% ao ano de energia solar térmica exigiria a colocação de um campo solar muito grande, o que resultaria em um custo extremamente alto que nunca seria amortizado. Além disso, uma instalação solar térmica tão grande causaria um excesso de produção nos meses de maior radiação solar que não poderiam ser usados e causariam problemas de superaquecimento durante toda a instalação.” (EBERHARDT. 2005, p.99)

Neste contexto verifica-se que as instalações com melhor funcionalidade e rentabilidade são as que utilizam de água quente sanitária durante o ano, seja com o aquecimento no inverno e piscina no verão.

Energia solar térmica em residência: aspectos econômicos e sociais

Em comparação a um sistema convencional de fornecimento de energia, o investimento inicial de um sistema de energia térmica solar é maior. No entanto, ao analisar seu custo operacional é perceptível o quanto é irrelevante em comparação com a compra de combustível, quando necessário ou o consumo da energia elétrica – reparos, manutenção e, ainda, o sistema de energia convencional.

Nestes termos é importante ressaltar que a instalação de energia solar térmica lucra ao longo dos anos, pois a economia de energia produzida “são realizadas em economias econômicas.” (CEMIG. 2012) Ou seja, durante os anos do sistema instalado, a economia monetária na conta de energia convencional com a redução do uso desta energia amortizara o custo da instalação. Copetti (2007,p.6) afirma que “essa amortização pode variar entre 5 e 12 anos, dependendo do tamanho da instalação, do auxílio obtido completamente perdido, do local onde está instalado (mais ou menos da radiação solar) e das necessidades do usuário.” Verifica-se, então, que basicamente as principais vantagens da energia térmica solar são:

a. Econômicas, considera-se que para as mesmas necessidades, o sistema convencional precisará consumir menos combustível, o que representa uma despesa anual mais baixa para o usuário. Além do fato de que a energia solar independe da variação no preço de compra do combustível;

- b. Ambientais, em média, um m² de aquecimento solar é capaz de prevenir a cada ano de emissão atmosférica de uma tonelada de CO₂.
- c. Fácil manutenção, já que a vida útil deste tipo de instalações solares térmicas é superior a 25 anos e a manutenção, embora necessária, não tem a relevância da que é exigida nos sistemas convencionais.

Ao contextualizar todas as vantagens é perceptível que do ponto de vista elétrico, colabora para diversificação da matriz, aumento da segurança no fornecimento, redução de perdas e alívio de transformadores e alimentadores. Em relação ao aspecto ambiental, há a redução da emissão de gases do efeito estufa, da emissão de materiais particulados e do uso de água para geração de energia elétrica. Já os benefícios socioeconômicos, a geração de energia solar fotovoltaica contribui com a geração de empregos locais, o aumento da arrecadação e o aumento de investimentos. (NASCIMENTO, 2017)

Elementos de uma instalação solar fotovoltaica

Painel fotovoltaico

Responsáveis por capturar a radiação solar e transforma a energia solar em eletricidade através do efeito fotovoltaico. Os painéis são compostos de células fotovoltaicas, que são dispositivos elétrico/eletrônico que convertem a energia incidente da radiação solar em eletricidade através do efeito fotovoltaico. Observa-se, então, que o efeito fotovoltaico é o princípio de células fotovoltaicas e é, portanto, essencial para a produção de eletricidade solar. As células são montadas em série nos módulos solares para obter uma tensão adequada. “Parte da radiação incidente é perdida pela reflexão (saltos) e outra parte pela transmissão (atravessa a célula). O resto é capaz de saltar elétrons de uma camada para outra, criando uma corrente proporcional à radiação incidente.” (WENDLING, 2019). A eficiência média de conversão obtida por células fotovoltaicas comercialmente disponíveis, produzidas a partir de silício monocristalino, é menor do que a de células multicamadas, geralmente arseneto de gálio. Atualmente, também existem novas tecnologias na produção de painéis solares que não usam silício.

O objetivo é combinar um bom contato elétrico, baixa resistividade e fazer a sombra mínima para que os fótons atinjam o material ativo da célula. No verso, os contatos geralmente formam uma trama apertada ou até uma folha contínua que permite a redução do valor da resistência interna. De modo geral um módulo fotovoltaico é uma associação de células encapsulada em duas camadas entre uma folha de vidro frontal e uma camada traseira de um polímero termoplástico ou outra folha de vidro. Esta é utilizada para a

obtenção de módulos com algum grau de transparência. Esse conjunto de elementos é enquadrado em uma estrutura de alumínio anodizado, com o objetivo de aumentar a resistência mecânica da montagem e facilitar a ancoragem do módulo nas estruturas de suporte. Ressalta-se que a anodização é o processo de fazer um filme de óxido sobre certos metais por meio da imersão em um banho eletrolítico no qual o metal a anodizar é ligado ao polo positivo de uma fonte de eletricidade, transformando-se no anodo da célula eletrolítica. As células fotovoltaicas de maior uso são o silício e subdivididas em três subcategorias segundo Schuch (2011)

Inversores de potência

Responsáveis pela conversão da corrente direta em corrente alternada, os inversores de potência viabilizam o seguinte processo: a energia gerada em baixa tensão, entre 380 e 800V e em corrente contínua. Transformada, então, com o inversor de CA em corrente alternada. Nas usinas com até 100kW, a energia é injetada diretamente na rede de distribuição de baixa tensão – 400 volts em fase trifásica ou 230 volts em fase monofásica. Já para potências superiores a 100kW, usa-se um transformador de modo a aumentar a energia em média tensão, 36kV injeta-se, então nas redes de transporte para fornecimento subsequente. Villalva (2009) afirma que “a tensão varia entre os valores máximo e mínimo ciclicamente, o valor da tensão é positivo na metade do tempo (meio ciclo positivo ou meio período positivo) e negativo na outra metade.” o que significa que metade do tempo a corrente flui em uma direção, e na outra metade a outra direção. A forma de ondulação segue uma função trigonométrica do tipo senoidal, uma vez que é a maneira mais eficiente e prática de produzir energia elétrica por meio de alternadores.

Rastreadores solares

Enquanto mecanismos que orientam a posição dos painéis fotovoltaicos, dependendo da posição do Sol, os rastreadores solares são usados para aumentar seu desempenho, já que permitem cerca de 30% de aumento na produção solar no primeiro painel e mais 6% para o último, quando de alta radiação direta. De modo a atender a demanda verifica-se vários tipos de rastreadores solares.

- a. Rastreadores solares de dois eixos: a superfície do painel fotovoltaico é sempre perpendicular ao sol.
- b. Rastreadores solares em um eixo polar;

- c. Rastreadores solares em um eixo azimutal;
- d. Rastreadores solares em um eixo horizontal,

Fiação elétrica

A fiação elétrica é elemento condutor de energia elétrica, desde sua geração até sua posterior distribuição e transporte. Seu dimensionamento é estabelecido pelo “critério mais restritivo entre a diferença de potencial máxima e a intensidade máxima admissível.” (ALVES, 2011, p.31)

Baterias

Sistema utilizado para acumular a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos.

Observa-se que o uso de baterias fornece corrente mais elevada do que a fornecida por um painel fotovoltaico em operação, conforme afirma Alves (2011, p.47) “Este seria o caso se vários aparelhos elétricos foram usados no mesmo momento.” A função das baterias é a de suprir energia elétrica quando os painéis fotovoltaicos não geram a eletricidade suficiente. E armazenar quando há excedente na produção dos painéis. Neste contexto a escolha da bateria é importante conforme a necessidade de armazenamento para suprir a demanda necessária do local onde o sistema é instalado. As baterias de ciclo baixo são projetadas de modo a fornecer quantidade de corrente por um período de tempo curto e suportar pequenas sobrecargas sem eletrólitos perder, como no caso do carro. No entanto, estas baterias não suportam descarga profunda. “Se elas são repetidamente descarregadas abaixo de 20%, o seu encurta consideravelmente a vida.” (BSW, 2012) Portanto, essas baterias não são uma boa escolha para sistemas fotovoltaicos. A classificação de baterias é feita de acordo com o tipo de tecnologia utilizada na fabricação em relação aos eletrólitos utilizados.

- a. Baterias de chumbo-ácido são usualmente utilizadas devido a relação de preço da energia disponível. A sua eficiência é entre 85-95%, enquanto que o Ni-Cad 65%. Certamente as melhores baterias seria lítio (móvel), mas eles não são economicamente viáveis. No entanto costumam falhar prematuramente se não estão completamente recarregadas depois de cada ciclo. “se é deixada descarregada (por dia), em algum ponto, isto custará uma perda permanente da capacidade.
- b. Baterias líquido-eletrólito líquido são as mais utilizadas. Esta categoria apresenta dois tipos: um aberto com tampas que permitem a troca de água; e de modo estanque,

fechadas com válvulas que permitem a liberação de possíveis gases paraa carga excessiva.

3 REGULAMENTAÇÃO E LEGISLAÇÃO BRASILEIRA – MME E ANEEL

Devido ao mercado mundial apresentar um crescimento considerado extraordinário na última década. (IEA, 2016) neste contexto verifica-se que os países que mais desenvolveram o sistema de energia solar fotovoltaica contaram, de forma geral, com políticas de incentivo para a fabricação ou importação de equipamentos, para o financiamento da compra de painéis e principalmente com modelos regulatórios de comercialização da energia elétrica gerada. (NASCIMENTO. 2017) Devido a tais questões o Brasil de forma a adequar-se as tendências internacionais legisla sobre o tema. É necessário, então, analise pertinente a tal legislação para que seja possível compreender toda a estrutura político e econômica referente a produção de energia solarfotovoltaica no país.

Órgãos responsáveis: do MME a ANEEL

Criado a partir da Lei n° 3.782, de 22 de julho de 1960, o Ministério de Minas e Energia - MME tinha seus assuntos sob a competência do Ministério da Agricultura. Por questões políticas do período o MME foi extinto na década de 90, pela Lei n.8.028 e, volta a ser criado dois anos depois, pela Lei n.8.422. Já em agosto de 1997, a Lei n.9.478 cria ao Conselho Nacional de Política Energética – CNPE, com atribuição de propor políticas nacionais e medidas para o setor. Em 2004 criou-se o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico - CMSE, pela Lei n.10.848 com a função de acompanhar e avaliar permanentemente a continuidade e asegarança do suprimento eletroenergético em todo o território nacional. Em março do mesmo ano, a Lei n.10.847 autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPEvinculada ao MME, com o objetivo de prestar serviços na área de estudos e pesquisas demodo a subsidiar o planejamento do setor. A complexidade da extensão política e econômica de tal ministério para o país é perceptível quando considera-se a proporção e relevância das empresas que estão de alguma forma vinculadas a ele, tais como as empresas públicas como o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, responsável pelo levantamento geológicos e hidrológicos básicos no território nacional, a Empresa Brasileira de Administração de Petróleo e Gás Natural – Pré-Sal Petróleo S.A, autorizada pela Lei.n.12.304, de agosto de 2010 e, criada com a publicação do Decreto n.8.603, de agosto de 2.013. Conta, ainda, com empresas vinculadas a Eletrobrás e a Petrobras, tais como: Furnas Centrais Elétricas S.A., Companhia Hidro

Elétrica do São Francisco - CHESF, Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica - CGTEE, Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. - Eletronorte, Eletrosul Centrais Elétricas S.A. - Eletrosul e Eletrobrás Termonuclear S.A. – Eletronuclear. Já entre as autarquias vinculadas estão as agências nacionais de Energia Elétrica – ANEEL e do Petróleo – ANP e, o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. A ANEEL é a autarquia responsável pela regulamentação referente a produção de energia elétrica no país, deste modo faz-se necessário a análise de suas atribuições e colaborações para o setor.

Resoluções, normatizações, Legislação vigente de modo a incentivar : história da energia solar fotovoltaica no Brasil

Compete a ANEEL toda a regulamentação das políticas e diretrizes do Governo Federal para o uso e exploração dos serviços de energia elétrica pelos agentes do setor, pelos consumidores, pelos produtores independentes e pelos autoprodutores. Definir padrões de qualidade do atendimento e de segurança compatíveis com as necessidades regionais, “com foco na viabilidade técnica, econômica e ambiental das ações – e, por meio desses esforços, promover o uso eficaz e eficiente de energia elétrica e proporcionar condições para a livre competição no mercado de energia elétrica.” (ANEEL, 2018). Observa-se, então que a agência responde por três modalidades de regulação:

- a. Regulação técnica de padrões de serviços – geração, transmissão, distribuição e comercialização;
- b. Regulação econômica – tarifas e mercado;
- c. Regulação dos projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e eficiência energética;

Regulação técnica de padrões de serviços – geração, transmissão, distribuição e comercialização

A regulação dos serviços de geração tem como proposta desenvolver atividades relacionadas ao processo de regulamentação, normatização e padronização referentes aos serviços e instalações de geração de energia elétrica. (ANEEL, 2018)

Já em relação as concessionárias de transmissão de energia elétrica têm a qualidade do serviço aferida por meio de indicadores associados à disponibilidade do sistema de transmissão. Neste contexto a Resolução Normativa ANEEL n.729, de 2016,

define os dois indicadores a serem usados para aferir o desempenho das concessionárias de transmissão:

- a. Parcela Variável – PV, refere-se a parcela a ser deduzida da receita da transmissora em função da não prestação adequada do serviço público de transmissão;
- b. Receita Anual Permitida – RAP, estabelece o valor a ser adicionado à receita anual da transmissora com desempenho extraordinário, recursos provenientes somente da Parcela Variável, deduzida das transmissoras. Caracteriza-se por distribuição o segmento do setor elétrico destinado ao rebaixamento da tensão proveniente do sistema de transmissão, à conexão de centrais geradoras e ao fornecimento de energia elétrica ao consumidor. Tal sistema compõem-se pela rede elétrica e pelo conjunto de instalações e equipamentos elétricos que operam em níveis de alta tensão, média tensão e baixa tensão.

É importante ressaltar que a regulação técnica da distribuição é conduzida pela Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição - SRD, que tem por atribuições técnicas os seguintes itens: estabelecimento de regras e procedimentos referentes ao planejamento da expansão, ao acesso, operação e medição dos sistemas de distribuição incluindo o desenvolvimento de redes inteligentes e o gerenciamento do lado da demanda; estabelecimento dos indicadores de qualidade do serviço e do produto energia elétrica; regulação das condições gerais de fornecimento de energia elétrica; implementação e acompanhamento da universalização de energia elétrica. Ao que refere-se a comercialização, esta pode ocorrer de forma livre e com preços quantificados ou limitados pelo Poder Público. Na esfera do Sistema Interligado Nacional – SIN, as duas formas são operacionalizadas pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE de modo a seguir o que é estabelecido pela ANEEL, dentre as quais destaca-se: Convenção de Comercialização de Energia Elétrica, Resolução n.109/2004; Regras de Comercialização; Procedimentos de Comercialização; Liquidação das operações de compra e venda, Resolução n.552/2002; 014; Garantias financeiras e a efetivação de registros de contratos de compra e venda de energia elétrica, Resolução n.622/2014; Desligamento de agentes e impugnação de atos praticados na CCEE, Resolução n.545/2013; Controle dos contratos de comercialização de energia elétrica, Resolução n.783/2017.

Regulação econômica – tarifas de mercado

Neste segmento específico chama a atenção a subdivisão da regulação econômica para as três etapas específicas: geração, transmissão e distribuição. A Lei nº 12.783/2013

estabeleceu o regime de tarifa regulada às concessionárias de serviço público de geração de energia elétrica, alcançadas pela Lei nº 9.074/1995, que optaram por prorrogar o contrato de concessão pelo prazo de 30 anos. O conjunto de permissões de serviço público de transmissão decorrentes dos leilões públicos, assim como os contratos de concessão prorrogados estão regulados pela Lei nº 12.783/2012, as que referem-se às instalações propostas e interligações internacionais, regulamentam-se pela Lei nº 12.111/2009, e as derivadas de processo de desverticalização, conforme Lei nº 10.848/2004. “A regulação econômica do segmento de transmissão se caracteriza por regime de receita teto - *revenue cap*.” (NASCIMENTO, 2017, p.181). Ou seja, ao analisar todo o contexto verifica-se que de forma distinta ao modelo aplicado na distribuição, garante-se ao agente o recebimento do rendimento regulatório independente da variação do mercado. A Lei nº 9.427/1996 refere-se à regulação econômica do segmento de distribuição caracterizada por um regime de regulação pelo preço - *price cap*, deste modo compreende-se os agentes concessionários de serviço público de distribuição de energia elétrica, bem como as cooperativas permissionárias. Por este cenário há duas formas distintas de alteração das tarifas:

- c. Revisão Tarifária Periódica – RTP
- d. Reajuste Tarifário Anual – RTA

A questão tarifária é sem quaisquer dúvidas o item que impacta diretamente o consumidor, haja visto que mais que qualidade adequada às suas necessidades, o consumidor busca algo que ele possa pagar sem sacrificar seus projetos pessoais. Nestes termos a compreensão das regras tarifárias no setor faz-se essencial a política econômica do país.

Tarifa de Energia Elétrica: informações e metodologias

De modo a atender as necessidades dos consumidores e o mercado quanto ao consumo do bem energia elétrica a ANEEL desenvolve técnicas de cálculo tarifário para os segmentos do setor. Tais cálculos consideram todos os fatores envolvidos de modo a permitir que todo o processo seja eficiente já que o custo de cada segmento afeta a tarifa do consumidor final.

Segundo a ANEEL (2016) a tarifa “visa assegurar aos prestadores dos serviços receita suficiente para cobrir custos operacionais eficientes e remunerar investimentos necessários para expandir a capacidade e garantir o atendimento com qualidade.” Basicamente, então, de modo a cumprir a proposta de fornecer energia elétrica com

qualidade considera-se três custos distintos. Neste panorama observa-se que além da tarifa, Governos Federal, Estadual e Municipal cobram na conta de luz o PIS/COFINS, o ICMS e a Contribuição para Iluminação Pública, respectivamente. “Desde 2004, o valor da energia adquirida das geradoras pelas distribuidoras passou a ser determinado também em decorrência de leilões públicos. A competição entre os vendedores contribui para menores preços.” (ANEEL, 2018). A partir de 2015, as contas de energia passam por mudança: o Sistema de Bandeiras Tarifárias, divididas em três modalidades: verde, amarela e vermelha – de forma a remeter a noção relacionadas as cores dos semáforos – sendo a vermelha subdividida em dois patamares, e indicam se haverá ou não acréscimo no valor da energia a ser repassada ao consumidor final, em função das condições de geração de eletricidade. Cada modalidade apresenta as seguintes características:

- d. Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- e. Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,01343 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- f. Bandeira vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,04169 para cada quilowatt-hora kWh consumido.
- g. Bandeira vermelha - Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,06243 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

Segundo a ANEE (2015) todos os consumidores cativos das distribuidoras serão faturados pelo Sistema de Bandeiras Tarifárias, com exceção daqueles localizados em sistemas isolados. Neste cenário o estado de Roraima não está no SIN e, conseqüentemente não funciona no sistema de Bandeiras Tarifárias. A partir de 2015, devido ao Despacho n.1.365/2015 consumidores da Amazonas Energia passam a ter a aplicação do sistema de bandeiras nas contas de energia elétrica.

Resolução Normativa 482/2012

A ANEEL em 17 de abril de 2012 estabelece através da Resolução Normativa n. 482, sobre “as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.” (ANEEL, 2012) No capítulo 1, que refere-se sobre as disposições preliminares, o Art.2º estabelece as definições adotadas para os procedimentos posteriores. O parágrafo I refere-se a microgeração distribuída, e determina que para tal a central geradora de energia elétrica, com potencia menor ou igual

a 75kW e que utiliza cogeração qualificada conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. O parágrafo XIV adiciona as informações da Resolução Normativa n.414/2010 itens a fatura dos consumidores que possuem microgeração ou minigeração, desta forma estes terão controle do que produzem, é consumido e repassado a rede em uma folha anexa a fatura ou por meio de correio eletrônico.

Ao considerar os avanços tecnológicos, o mercado nacional consumidor as políticas foram adequando-se e várias alterações foram propostas na lei precursora da energia fotovoltaica no país. De modo a compreender tais mudanças na Resolução Normativa 482/2012 da ANEEL é importante a análise do principal ponto que é a discussão da forma de valoração da energia que o indivíduo gera e injeta na rede. E, a considerar, então as políticas e incentivos, tanto que “conforme a EPE (2014), o MME incluiu, em 2013, a fonte solar nos leilões de energia A-3/2013 e A-5/2013, abrindo a possibilidade de competir igualmente com outras fontes, como eólica e térmicas, na modalidade “por disponibilidade”.” (ANEEL, 2018) no entanto, embora tais leilões tenham gerado interesse de agentes em participar, nenhum projeto fotovoltaico foi vendido devido os custos superiores aos das demais fontes, o que torna o projeto inviável comercialmente.

Ao considerar os 6º, 7º e 8º leilões realizados em 2014 e 2015, verifica-se um deságio crescente em relação as propostas de preço médio de contratação, de 17,9%, 15,6% e 21,8% respectivamente. O termo deságio refere-se a diferença entre a quantidade de recurso pago a menos do que o preço nominal estabelecido (REIS, 2016) ou seja, o valor máximo fixado para os leilões foram de R\$262,00/MWh, R\$349,00/MWh e R\$349,00/MWh, respectivamente, tais valores consideram todos os custos já citados anteriormente desde a instalação, geração, distribuição, comercialização. Ao considerar o deságio existente a ANEEL então mesmo com os incentivos existentes, conforme os itens relacionados abaixo, ainda assim, propõem alterações na legislação vigente com o intuito de diminuir essa diferença e, conseqüentemente quem arcará com tal custo é o consumidor que além de custear a instalação do sistema fotovoltaico, necessitará pagar pelo lançamento da energia na rede convencional.

- a. Isenção de IPI;
- b. Isenção de ICMS;
- c. Apoio BNDES;
- d. Plano Inova Energia;

- e. Redução do Imposto de Importação.

Mudanças na Resolução Normativa 482/2012 da ANEEL

Atualmente a Tarifa de Energia – TE ela traz dois itens distintos: Energia com percentual de 38% e, encargos com 12% de percentual. Na proposta da ANEEL a intenção é discriminar, também Transfio A em 6%, Trans.fio B em 28%, Encargos em 8% e, Perdas em 8% Este documento trouxe duas propostas para discussão coma sociedade: Uma para a geração remota, e outra parageração junto à carga. Basicamente significa que a energia que o cidadão produz e injeta na rede da distribuidora seria valorada em 25 e 30% a menos do que a energia que ele consome da rede. De modo que o cidadão arca, então com um custo de modo a gerar lucro pelo uso da rede. Já que como geradora ela inviabiliza a geração de lucro, pois a proposta do sistema é um custo mínimo para quem produz. Apesar de todo o contexto e da proposta da ANEEL não justificar-se já era esperada pela maioria dos que observam as variações do mercado de energia fotovoltaica por compreender que um país com o histórico com a prática político-economica como o Brasil, o termo ‘politicamente correto’ não se adequa, principalmente pela necessidade de se ‘criar’ recursos para sanar os rombos de ‘desgovernos’ no decorrer das últimas três décadas.

4 CONCLUSÃO

O fato do Brasil possuir recursos solares consideráveis com elevados índices de irradiação solar e alta demanda interna de energia elétrica, sendo o país o maior mercado de energia elétrica da América Latina, e ainda uma das tarifas de energia elétrica mais elevadas do mundo. No entanto, o aproveitamento do recurso solar brasileiro para a geração direta de energia elétrica - energia solar fotovoltaica, não é nem de longe adequada em relação ao potencial existente. Apesar do país possuir condições de estabelecer uma iniciativa de Estado estruturada de modo a tornar-se um dos principais mercados econômicos no cenário internacional. Verifica-se que a ausência de diretrizes nacionais claras e de longo prazo inviabiliza investimentos, o adensamento da cadeia produtiva e a redução de custos e preços da tecnologia.

Tal contexto atrasa o desenvolvimento da economia nacional enquanto parte fundamental da transição mundial para economias mais sustentáveis e de baixas emissões. “A energia solar fotovoltaica se constitui em estratégico instrumento de política transversal para o desenvolvimento do Brasil. Além de possuir amplo apoio de mais de

85% da população brasileira.” (Fontes: Ibope Inteligência 2017, Datafolha 2017, DataSenado & Columbia University 2015) Traz contribuições relevantes como o fato de auxiliar no processo de democratização do acesso à energia elétrica, é uma grande geradora de empregos, adicionando aproximadamente 30 novos empregos diretos para cada MW instalado por ano, uma das maiores taxas de emprego do setor elétrico. Segundo dados atualizados da Agência Internacional de Energias Renováveis (International Renewable Energy Agency – IRENA proporciona economia direta para a população, empresas e poder público. Ao ser incorporada na matriz elétrica nacional, a fonte solar fotovoltaica aumenta a segurança de suprimento de nosso sistema elétrico, complementando, com sinergia, a geração a partir de hidrelétricas, eólicas e biomassa. A compreensão do processo para a instalação do sistema fotovoltaico permite a análise de custos e o quanto é interessante ao cidadão sua instalação visando a economia. As regras que permitem ao consumidor gerar a própria energia, fornecer o excedente de geração para a rede pública e ganhar créditos na forma de desconto na conta de energia foram criadas em 2012 pela Resolução Normativa nº 482 da ANEEL. No entanto, a partir de 2018, iniciou-se um processo de revisão da Resolução 482, que tem como foco justamente a compensação de créditos. Ou seja, o sistema de geração distribuída permite que o consumidor gere a sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis, podendo inclusive fornecer o excedente para a rede pública, que vai funcionar como uma “grande bateria”, devolvendo essa energia injetada quando o consumidor precisar. De acordo com a regulamentação atual, o valor da energia gerada pelo consumidor é integralmente compensado pelo valor da tarifa de energia cobrada pela distribuidora. Ou seja, a cada 1kWh gerado no seu sistema de geração de energia equivale a 1kWh na tarifa de energia. O processo de revisão da resolução 482 a ANEEL sugere que a energiai injetada na rede de distribuição da concessionária seja apenas parcialmente compensada pela distribuidora, como forma de remunerar os custos de transmissão e distribuição da energia. Essa compensação parcial da energia se daria em quadros distintos.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. Estudos foto físicos e fotovoltaicos de sistemas polímero-fulereno e nanopartículas de CdSe. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2011. 48 f.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Relatório Aneel 2013. 2014. Disponível em: . Acesso em: 05 de nov. 2015.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa Nº 482. 2012. Disponível em: . Acesso em: 06 de out. 2019

CEPEL – CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. As energias solar e eólica no Brasil. 2013. Disponível em: . Acesso em: 03 de out. 2015.

CEPEL – CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA; CRESESB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, RJ: Especial 2014.

DAZCAL, R.; MELLO, A. Estudo da Implementação de um Sistema de Energia Solar Fotovoltaica em um edifício da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Abenge – Associação Brasileira de Educação de Engenharia. Fortaleza, 2008.13f.

EBERHARDT, D. Desenvolvimento de um Sistema Completo para Caracterização de Células Solares. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005. 104 f.

GORE, A. Nossa escolha: um plano para solucionar a crise climática. Our choice: a plan to solve the climate crisis. Barueri, SP: Manole, 2010. GREN, A. et al. Solar cell efficiency tables (version 45). Progress in Photovoltaic. Amsterdã, vol 23, n 1, p. 1-9, jan. 2015.

IMHOFF, J. Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007. 146 f.

MACHADO, C.; MIRANDA, F. Energia Solar Fotovoltaica: Uma breve revisão. Revista virtual de química. Niterói, RJ, vol. 7, n. 1, p. 126-143, 14, out. 2014.

MESSENGER, R.; VENTRE, J. Photovoltaic Systems Engineering. Boca Raton: CRC Press, 2010.

MPPT SOLA. Construa seu sistema solar fotovoltaico. 2015. Disponível em: . Acesso em: 15 mar 2016. 13

NASCIMENTO, C. Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2004. 23 f.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica. Porto: Publindústria, 2011.

SEVERINO, M.& OLIVEIRA, M. Fontes e Tecnologias de Geração Distribuída para Atendimento a Comunidades Isoladas. Energia, Economia, Rotas Tecnológicas: textos selecionados, Palmas, ano 1, p. 265-322, 2010.

SCHUCH, L. et al. Sistemas Autônomo de Iluminação Pública de Alta Eficiência Baseado em Energia Solar e Leds. Eletrôn Potên. Campinas, vol. 16, n. 1, p.17-27, fev. 2011.

SMART SOLAR. As top 10 maiores usinas solares do mundo (6 delas estão em um único país). 2015. Disponível em: . Acesso em: 07 de out. 2019.

SOLAR ENERGY INTERNATIONAL. Photovoltaics Design and Installation Manual. Canadá: New Society Publishers, 2004.