

## **SISTEMA FOTOVOLTAICO: ALTERNATIVA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE ENERGIA SUSTENTÁVEL**

### **PHOTOVOLTAIC SYSTEM: ALTERNATIVE FOR IMPLEMENTING SUSTAINABLE ENERGY**

BRAZ, Romério de Oliveira<sup>1</sup>  
JÚNIOR, Adilson Corte Souza<sup>2</sup>  
BONELLI, Thiago Scremin<sup>3</sup>

Recebido: jul. 2021; Aceito: nov. 2021

**Resumo:** considerando que grande parte das discussões sobre sustentabilidade refletem a necessidade de se repensar o uso das fontes de energia não-renováveis, o uso da energia solar tem se destacado como uma alternativa interessante que oferece várias vantagens dentre elas a economia e a pouca necessidade de manutenção. A energia solar fotovoltaica se trata da conversão da energia da luz para eletricidade, tal conversão é feita com o uso de painéis fabricados com silício. Diante deste cenário, o objetivo principal foi comprovar a hipótese da possibilidade de produção de energia elétrica no Brasil através de sistemas fotovoltaicos, sendo este contemplado a partir da metodologia da Pesquisa Bibliográfica. Como conclusão, pode-se notar que, apesar de o Brasil apresentar posição promissora, já que o país possui grande potencial, ainda falta superar dificuldades quanto ao valor da tecnologia e o receio por se tratar de algo novo e, aparentemente, de difícil compreensão. E, por fim, notou-se que a superação destes obstáculos representa grande avanço no que diz respeito à sustentabilidade, já que se trata de fonte de energia limpa e renovável.

**Palavras-Chave:** Energia solar. Energia fotovoltaica. Energia elétrica. Sustentabilidade.

**Abstract:** considering that a large part of the discussions on sustainability reflect the need to rethink the use of non-renewable energy sources, the use of solar energy has stood out as an interesting alternative that offers several advantages, such as savings, little maintenance, among others. Photovoltaic solar energy is about converting light energy into electricity, such conversion is done with the use of panels made with silicon. In view of this scenario, the main objective is to prove the hypothesis of the possibility of electric energy production in Brazil through photovoltaic systems, which is contemplated from the Bibliographic Research methodology. As a conclusion, it can be noted that, although Brazil has a promising position, since the country has great potential, there are still difficulties to overcome in terms of the value of technology and the fear of being something new and, apparently, difficult to understand. And finally, it was noted that overcoming these obstacles represents a major step forward in terms of sustainability, since it is a source of clean and renewable energy.

**Keywords:** Pala Solar energy. Photovoltaics. Electricity. Sustainability.

<sup>1</sup> Estudante do curso Bacharelado em Engenharia Civil pela Faculdade de Direito de Alta Floresta (FADAF).

<sup>2</sup> Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pelotas – UFPEL (2017); Especialista em MBA em Gestão de Projetos pela Universidade Anhanguera – UNIDERP (2018).

<sup>3</sup> Licenciado em Física pela Universidade Federal de Mato Grosso (2010), Mestre em Física pela Universidade Federal de Mato Grosso (2013) e Doutor em Ciências na área de Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (2017).

## 1 INTRODUÇÃO

Pedrosa (2005) destaca que nos dias atuais fala-se em demasia a respeito de Sustentabilidade, já que existe a preocupação global ao atendimento às atuais demandas sem acarretar danos futuros. Nesse sentido, o campo energético possui forte atuação, pois, através de fontes limpas e renováveis, é possível implementar medidas sustentáveis para o fornecimento de energia elétrica, por exemplo.

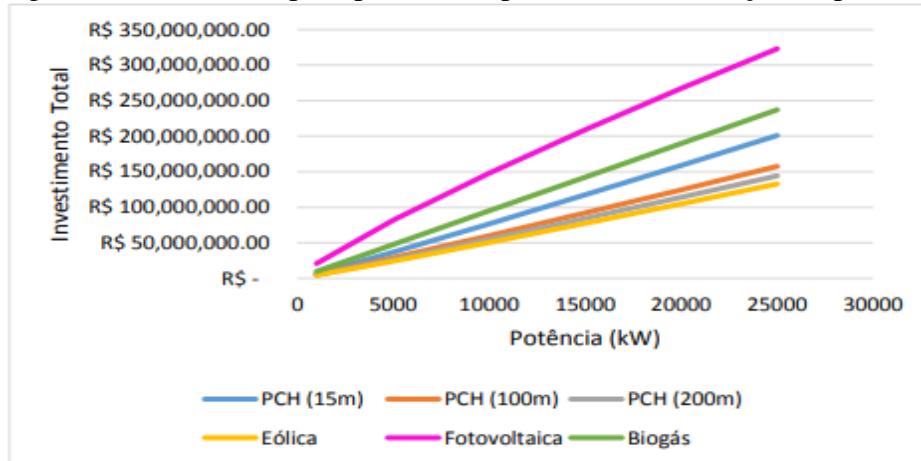
De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2016), caminha-se cada vez mais na evolução dos investimentos destinados à geração de energia renovável, como a energia solar e eólica, o que vêm trazendo significativas mudanças na matriz energética. Desta maneira, é possível causar menos impacto ambiental sem comprometer o desenvolvimento socioeconômico. Segundo o Boletim Mensal de Energia, no ano de 2016, verificou-se participação superior a 43% de fontes renováveis na matriz energética brasileira, representando um acréscimo de 2% em relação a 2015 (MME, 2016).

O Brasil apresenta um alto índice de radiação solar, ou seja, grande potencial para gerar eletricidade por meio da geração solar fotovoltaica. Apesar disso, a utilização desta energia no Brasil é pouco aproveitada, com representatividade na matriz energética de 0,02%. A energia renovável mais representativa no Brasil é a hidrelétrica com 61,3% da geração de energia elétrica (ANEEL, 2016).

Apesar da energia hidrelétrica ser a mais representativa, esta causa grande impactos, os quais são presentes desde a sua construção, devido à grande área que ocupa e aos alagamentos que gera, prejudicando e extinguindo a vegetação local. Diante destes cenários, a energia solar apresenta uma perspectiva positiva, com implementação de painéis fotovoltaicos para a geração de eletricidade. Pode-se verificar também que um dos fatores de influência para este avanço está na publicação da Resolução Normativa nº 687/2015, a qual determina as condições gerais para o vínculo da microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica nacionais, assim como, o sistema de compensação de energia elétrica por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída (ANEEL, 2015).

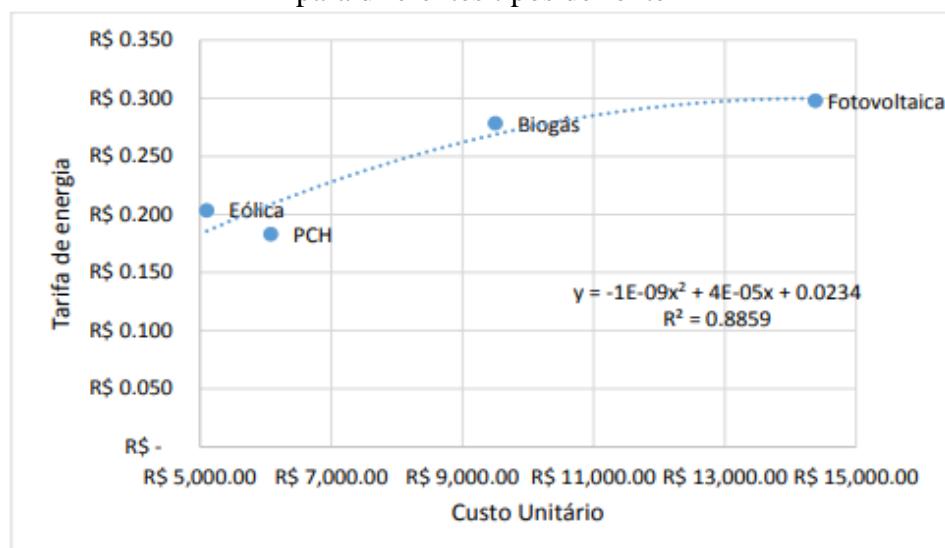
A grande dificuldade desta tecnologia é o fator econômico, devido ao alto custo de implantação quando relacionados às outras fontes convencionais, conforme comparação de custos de investimento e unitário em função da tarifa de energia, representadas pelas Figuras 1 e 2 respectivamente.

Figura 1 – Custo de capital para cada tipo de fonte em função da potência



Fonte: Rangel *et al.* (2016).

Figura 2 - Média do custo unitário em função da tarifa de energia para diferentes tipos de fonte



Fonte: Rangel *et al.* (2016).

Isso posto, a presente pesquisa faz-se condizente o cenário exposto, já que constrói a fundamentação teórica atinente à alternativa ao modo convencional de fonte de energia aos consumidores, que, no caso, refere-se ao Sistema Fotovoltaico.

O objetivo principal foi expor a possibilidade de produção de energia elétrica no Brasil através de sistemas fotovoltaicos; enquanto os específicos foram: i) explanar o contexto em que as fontes alternativas de geração de energia elétrica se ascenderam; ii) compreender a prática do sistema fotovoltaico bem como seus tipos; iii) compreender a possibilidade de maior eficiência energética gerada através do sistema fotovoltaico, iii) determinar a expansão das unidades microgeradoras no município de Alta Floresta-MT.

Analise de dados fornecidos pela concessionária de energia de Mato Grosso, Energisa-MT, com cruzamento de dados dos anos subsequentes a 2016 até nov/2020, para demostrar a variação da quantidade de unidades microgeradoras no município de Alta Floresta – MT.

Desta feita, a linha de estudo baseou-se no método da Pesquisa Bibliográfica, já que se trata de uma investigação destinada aos aspectos qualitativos atrelados à questão exposta com o intuito de melhor alcançar a compreensão do fenômeno hodierno, comumente intrincado, nas suas circunstâncias concretas (DRESCH *et al.*, 2015).

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 ASCENÇÃO DAS FONTES ALTERNATIVAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A expressão “desenvolvimento sustentável” (DS) passou a ser amplamente utilizada no início da década de 90, sendo este um momento em que as empresas eram alvo de críticas em decorrência dos impactos ambientais que causavam. A partir disso, surgiram inúmeras correntes ambientalistas focadas em estudar o tema e aprofundar as ideias existentes sobre o assunto, principalmente, por

conta dos problemas de cunho econômico e social decorrentes da exploração exacerbada do meio ambiente (BARBIERI *et al.*, 2010).

Araújo *et al.* (2006) colocam que o DS deve atender as necessidades atuais sem comprometer as necessidades de gerações futuras. Entretanto, o DS é um conceito que abrange diversas definições, amplamente utilizado como sinônimo de sociedade racional e consciente, indústrias limpas e crescimento econômico. Diante do crescimento global, são necessárias estratégias específicas focadas no DS, de forma que seja possível a valorização dos recursos humanos e naturais, focados em sanar os problemas atuais sem se esquecer das dificuldades futuras.

Barbosa (2008) coloca que, ao estudar DS, deve-se definir o que é sustentabilidade, de forma que o conceito pode ser definido como a possibilidade de prover condições de vida para um grupo atual e seus sucessores, sendo que ambos pertencem ao mesmo ecossistema. Araújo *et al.* (2006) distingue o desenvolvimento sustentável de sustentabilidade, sendo que o primeiro está associado com a expectativa de crescimento no país, enfocando a preservação ambiental; já a sustentabilidade está associada com a capacidade de auto sustentar, de forma que não degrade o meio ambiente.

O tripé de sustentabilidade é muito estudado e utilizado nas organizações institucionais e empresariais, sendo importante destacar que, para que haja plenitude na atuação da sustentabilidade, quaisquer atitudes devem ser amparadas pela dimensão ambiental, econômica e sociocultural, sendo que estas trazem como consequência eficiência ecológica, a possibilidade de inserção social e a justiça socioambiental e, portanto, a integração entre questões de âmbito social, econômico e ecológico (ARAÚJO *et al.*, 2006).

Araújo *et al.* (2006) afirma que são necessárias mudanças em diversas locais, tais como a agricultura sustentável através das mudanças no modelo de desenvolvimento e ocupações do solo; sustentabilidade na cidade por conta da transformação dos espaços urbanos para que se tornem adequados para o desenvolvimento de diversas atividades; infraestrutura sustentável em decorrência da necessidade de modificar a matriz energética brasileira, evitando desperdícios; redução de desigualdades a fim de propiciar a diminuição do consumo excessivo nas camadas privilegiadas; ciência e tecnologia com o intuito de estimular o econômico, social e ambiental, sendo necessário investimento em pesquisas e tecnologias; e, por fim, o uso de fontes renováveis, cuja implementação efetiva propiciará, além de vantagens já citadas, a conscientização da sociedade acerca da importância da sustentabilidade.

## 2.2 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA RENOVÁVEL

São diversos os tipos de fontes e procedimentos energéticos renováveis. Sobre as fontes estas podem ser advindas, por exemplo, de: energia solar através de suas variações, como a energia fotovoltaica, a solar, a termoelétrica; energia eólica; uso de biomassa para a produção de eletricidade e cogeração desta; hidroeletricidade; energia dos oceanos; dentre outras. Entre as fontes de energia renovável que não produzem malefícios estão, sobretudo, a energia solar e a eólica.

A energia solar se secciona em três: a fotovoltaica, a solar e a solar termoelétrica; cada uma possui suas especificidades e, no presente trabalho, foi salientado o uso da energia fotovoltaica para produção e fornecimento de energia sustentável. O Brasil possui características extremamente favoráveis ao desenvolvimento qualitativo de meios renováveis de produção de energia, sobretudo, a eólica e a solar. Essas especificidades, como clima quente e alto índice de insolação ao longo do

ano, compõem um quadro altamente favorável ao aproveitamento, em larga escala, por exemplo, da energia solar, conforme mencionado pela Petrobras (2006).

Como pode-se observar na Figura 3, a região com menor índice de irradiação solar no Brasil, tinha 40% mais incidência de raios solares que a Alemanha onde os índices da área de maior ocorrência de irradiação recebe cerca de 1300 kWh/m<sup>2</sup>/ano (SALAMONI E RÜTHER, 2007), e ainda assim é um dos maiores produtores de energia solar. A questão colocada por trás deste fato, é compreender a razão para não haver desenvolvimento e aplicação representativa do meio renovável de produção energética pela luz solar no Brasil, já que o referido país é tão propício a esta forma de produção de energia.

Figura 3- Mapa dos graus de irradiação solar no Brasil



Fonte: SolarGis (2013).

Sobre o uso da energia solar no Brasil, aos poucos o quadro começa a se transformar: as casas populares do Programa Minha Casa Minha Vida, em sua grande maioria, possuem painéis fotovoltaicos para a produção de energia de uso residencial (EPE, 2011). Em relação as demais fontes e geradoras de energia renovável existentes no Brasil, serão tomadas as acepções e esclarecimentos do Relatório PDE 2023 (BRASIL, 2014) acerca de suas localizações e percentuais de incidências em território brasileiro.

Desta forma, são tratados três tipos de geração de energia, a saber: a eólica, a hidrelétrica por meio das PCH's (pequena central hidrelétrica, usina de pequeno porte) e a termelétrica por meio das UTE (Usinas Termelétricas que trabalham com a geração de energia a partir da biomassa). É notável o grande volume de usinas eólicas na região Nordeste e alguns pontuais no Sul, a concentração de UTE que se utilizam da biomassa nas regiões Centro-Oeste e Sudeste e uma grande distribuição das PCH's.

É importante mencionar, que existem diversos estudos em andamento que mapeiam e monitoram o potencial eólico no país e os mesmos são replicados para análises atreladas à energia solar (UDOP, 2011). O PDE 2023 (BRASIL, 2014), aponta que energia solar estabelece e assume papel de destaque na matriz elétrica brasileira dentro de um futuro próximo, decenal. É perceptível que a expansão nacional para o desenvolvimento destes projetos solares previstos no relatório é superior a, por exemplo, a geração de energia termelétrica com o uso da biomassa e as PCH's, que já são bases energéticas consolidadas no país.

De maneira geral, existe grande e expressiva participação do setor residencial no consumo de energia elétrica: ao comparar os valores de consumo energético entre os setores da sociedade, o consumo das residências só “perde” para os gastos energéticos industriais, sendo que a evolução do consumo se apresenta crescente para este setor. Este se torna objeto de intensa atenção no que diz respeito ao desenvolvimento de fontes renováveis de geração de energia.

Especificamente sobre as fontes renováveis, o Relatório PDE 2023 traz a disposição sobre a evolução crescente da capacidade de geração energética de que ainda a geração de usina hidrelétrica será a mais representativa em território brasileiro, com tendência crescente de aplicação, mas, será acompanhada pelo advento exponencial das fontes renováveis menos impactantes ambientalmente falando, como a eólica e a solar.

Desta forma, feito o delineamento acerca das fontes renováveis que mais são utilizadas para a geração de energia elétrica no Brasil e ambientando sobre as possibilidades e projeções que se apresentam para a energia solar, realizou-se uma abordagem enfocando no potencial de geração energética por meio do sistema fotovoltaico.

## 2.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO

### 2.3.1 Conceituação Energia Fotovoltaica

A energia fotovoltaica é um dos tipos advindos da energia solar. O sol, segundo Mendes (2018), corresponde a uma fonte poderosa e incessante de energia, que pode ser utilizada vastamente pelos homens. A terminologia “fotovoltaica” vem de foto = *photo* (que significa “produzido pela luz”) e do sufixo voltaico, que se refere à eletricidade resultante de produção por umas reações químicas.

Segundo disposição da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2011), a energia fotovoltaica consiste na conversão direta da energia solar em energia elétrica que ocorre pelos efeitos da incidência de radiação – de luz solar – sobre determinados materiais, particularmente os chamados semicondutores, que neste caso são as partes formadoras dos painéis fotovoltaicos. De maneira mais direta, os sistemas fotovoltaicos produzem energia elétrica através e a partir da energia solar, proveniente de sua irradiação sobre o planeta.

Em conformidade com as disposições de Mendes (1998, p. 82), a conversão direta da energia solar em energia elétrica pode se dar por meio de dois processos: conversão termoelétrica e conversão fotoelétrica - aquele presente nos painéis fotovoltaicos -, sendo que cada um deles pode ser realizado de diversas maneiras.

Sobre os referidos painéis e na conversão fotoelétrica em si, ocorre o chamado efeito fotovoltaico. Neste, ainda em conformidade com a ANEEL (2011), “os fôtons contidos na luz solar

são convertidos em energia elétrica, por meio do uso de células solares”, estas células citadas dão corpo aos referidos painéis semicondutores, ou painéis fotovoltaicos.

O efeito fotovoltaico, segundo Castro (2003), foi observado pela primeira vez por Alexandre-Edmond Becquerel em 1839. Os componentes de uma célula fotovoltaica, que dá origem aos painéis e sistemas fotovoltaicos, são os materiais semicondutores e os contatos metálicos, de acordo com Nascimento (2004), as células fotovoltaicas são fabricadas com material semicondutor, sendo este com características entre um condutor e um isolante, o mais visado e utilizado na composição dos mais diversos tipos de células fotovoltaicas ou fotoelétricas é o silício. Além destes materiais semicondutores, a célula fotovoltaica apresenta dois contatos metálicos ou eletrodos (um positivo e um negativo), para fechar o circuito elétrico, como pode ser analisado na Figura acima.

De modo geral, segundo Nascimento (2004), o efeito fotovoltaico consiste no não armazenamento de energia elétrica produzida a través da luz solar pela célula fotovoltaica. Seguindo a disposição do autor em comento, este reflete que a célula ou painel apenas mantém um determinado fluxo de elétrons em um circuito elétrico enquanto houver luz incidindo sobre ela.

A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade através do efeito fotovoltaico (COLLARES-PEREIRA, 2008, p. 80). O silício usado na fabricação de células e painéis fotovoltaicos é um elemento químico que possui 4 elétrons em sua camada de valência, estes quando se combinam acabam por formar cristais que em temperatura ambiente se comportam como isolantes, para aumentar a condutividade deste material e, assim, obter energia, é necessária a junção de outros átomos ao silício, sobretudo, os átomos de fósforo e boro.

É pela junção destas duas partes, segundo Luque (2003), de silício com os demais átomos citados que a energia solar é absorvida pelas células que compõem os painéis fotovoltaicos e, assim, ocorre o efeito fotovoltaico que permite a transformação da energia solar em condução elétrica, isto ocorre porque esta absorção é alocada no semicondutor (camada de silício) e permanece dentro da célula enquanto houver radiação solar em razão dos eletrodos positivos e negativos presentes na composição desta que não deixam a corrente de elétrons escapar, portanto, fecham o circuito. Vale salientar que a estrutura básica de produção energética destas células e dos painéis por elas compostos remetem e se parecem muito com qualquer circuito elétrico comum em seu layout de organização, o que diferencia são os processos fotoelétricos, em que ocorre o efeito fotovoltaico e a energia solar é convertida em energia elétrica.

Existe um grande potencial em ambiência mundial para o desenvolvimento e aplicação deste tipo de fonte renovável de energia, a imagem abaixo esclarece este entendimento e reporta novamente a importância dos profissionais desenvolvedores, aplicadores e efetivadores desta tecnologia voltada à captação da incidência de raios solares, que são inegociáveis, para a geração de energia “limpa”, que recebe esta alcunha por conta de não ferir a natureza e o ambiente em si com seus processos de produção energética.

O fornecimento de energia elétrica por procedimentos renováveis advindos da energia fotovoltaica cresceu no mundo entre os anos de 2000 a 2010, a uma taxa média de cerca de 39% ao ano, em evolução praticamente exponencial e tende a crescer ascendentemente. Segundo o *European Photovoltaic Industry Association - EPIA* (2012), nos últimos 10 anos, a tecnologia fotovoltaica tem mostrado potencial para tornar-se uma das fontes de eletricidade predominantes no mundo em diversas ambientes e com um crescimento robusto e contínuo mesmo em tempos de crise financeira e econômica, sobretudo, quando lançada para atender as demandas da sociedade referentes as residências.

O que tem sido considerado a respeito da produção energética a partir da luz solar se refere ao uso direto da eletricidade produzida por painéis e por células fotovoltaicas. Neste sentido, Wolfgang (2014) afirma que:

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 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 (WOLFGANG, 1994, p. 67).

O autor em comento eleva que a potencialidade e os usos da energia fotovoltaica não são conhecimentos ou entendimentos recentes e esparsos, são claramente uma alternativa sustentável para diversos fatores, dentre eles a eletrificação das zonas rurais, a utilização desta em aparelhos e mecanismos diversos, a acumulação e armazenagem de energia durante o dia para ser usada a noite e, também, o sentido do uso da energia fotovoltaica durante todo o dia com possibilidade de inserir e distribuir o excedente energético produzido para a concessionária local, este último é o objetivo da problemática apontada ainda no primeiro capítulo do presente trabalho.

### 2.3.2 Suprimento de energia elétrica através do uso de Energia Fotovoltaica

A energia fotovoltaica enquanto fonte renovável de produção energética se reporta ao suprimento energético, sobretudo, de residências, pois, é neste segmento que esta fonte de energia possui maior representatividade, assim, a maior parte da energia fotovoltaica provém de autoprodutores residenciais, de consumidores em suas próprias residências (KRAUTER, 2010).

## 2.4 TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

De acordo com Labouret e Villoz (2015), os sistemas de energia fotovoltaicos podem ser definidos em três grupos: Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), Sistema Fotovoltaico Isolado (SFI) e Sistema Híbrido.

### 2.4.1 Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (On Grid)

Moura (2017) destaca que os SFCR são ligados à rede de energia da concessionária, para que, caso o sistema não produza o suficiente de seu consumo, a concessionária supre o faltante. Deste modo, este sistema não necessita de baterias, mas apenas de arranjos de módulos fotovoltaicos, um inversor fotovoltaico, um painel de proteções para o lado de corrente contínua (CC), corrente alternada (CA) e um relógio medidor bilateral – equipamento que identifica a necessidade da concessionária disponibilizar a energia.

No presente modelo entra a Compensação de Energia, em que o excedente vira créditos de energia para períodos de menor produção, dentro o intervalo de 60 meses segundo a resolução normativa nº 482 da Aneel. Estes créditos podem ser utilizados por outras unidades consumidoras desde que sejam do mesmo titular e da mesma rede distribuidora. Os SFCR são os mais confiáveis para instalação em residências e comércios (MOURA, 2017).

Segundo Ruther (2014), as principais vantagens desse sistema, são:

- a) pelo fato de a energia ser produzida junto a carga, as perdas nas redes de transmissão e distribuição são reduzidas;
- b) o espaço ocupado é reduzido pelo fato de ser instalado em edificações já existentes;
- c) ocorre a coincidência de consumo, visto que, por exemplo, em prédios comerciais o maior consumo de energia elétrica ocorre no horário de maior produção de energia pelos módulos;
- d) por possuir modularidade, pode ser ampliado conforme demanda, caso haja espaço para isso;
- e) sua montagem pode substituir materiais de revestimento e cobertura;
- f) fonte de energia elétrica inesgotável e que produz energia limpa, renovável e silenciosa, sem emissão de gases contribuintes do efeito estufa.

Nos sistemas fotovoltaicos combinados à rede de distribuição, os módulos fotovoltaicos podem ser dimensionados para atender parte ou toda a demanda de uma edificação. Faz-se necessário o uso de um inversor para transformar a energia produzida em corrente contínua para corrente alternada. Este sistema é regulamentado pela Resolução nº 482 da Aneel, ano de 2012, que é a que define os mecanismos de compensação de energia.

#### 2.4.2 Sistema Fotovoltaico Isolado (Off Grid)

Os sistemas isolados *Off Grid* ou sistemas autônomos, são sistemas em que não há conexão à rede de distribuição. A produção de energia abastece diretamente os dispositivos que a consumirão e, geralmente, esse sistema é feito para um caso local e específico. Como exemplo deste sistema pode-se citar os radares, sistemas de bombeamento de água, etc. A energia que foi gerada no sistema isolado é armazenada em baterias para que, em períodos sem produção, consigam realizar o abastecimento. Este sistema é praticamente composto por quatro equipamentos: painéis ou placas solares, controladores de carga, inversores e baterias (RUTHER, 2014).

#### 2.4.3 Sistema Híbrido

Trevisan (2008) destaca que muitas regiões não possuem a rede elétrica convencional para fornecer energia elétrica, devido a fatores como acesso e custos elevados para construção de subestações e de circuitos de transmissão e distribuição. Por esta razão, atualmente utiliza-se os geradores à diesel para estes casos em específico (irrigação, dessalinização de água etc). No entanto, os sistemas diesel-elétricos acarretam em alto custo com óleo diesel, na logística do transporte e no armazenamento envolvido, além da questão ambiental relacionada a queima do combustível fóssil.

Os sistemas híbridos são modos de obtenção de energia através de duas ou mais fontes, como, por exemplo, solar-eólica e solar-diesel. Tais sistemas apresentam grande abrangência por mesclar sistemas novos ou já em uso. A complementação entre os sistemas apresenta grande valia, pois no sistema eólico-solar, por exemplo, quando o dia estiver nublado e a geração de energia pelas placas for baixa o aerogerador produz sem interferência e supre o sistema. Tecnicamente, os geradores podem operar em associações série ou paralelo, contudo, para a geração de energia, preferencialmente, utiliza-se a associação em paralelo devido a soma das correntes geradas, contribuindo com o aumento da potência total (GODINHO, 2019).

## 2.5 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA VERSUS GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Em conformidade com Markvart (2000), existem duas principais categorias de sistemas fotovoltaicos e dentro destas se desmembram 4 aplicações centrais, duas de cada categoria: os sistemas isolados, ou não conectados à rede elétrica (sistemas domésticos e sistemas não domésticos), e os sistemas conectados à rede elétrica (sistemas distribuídos e sistemas centralizados).

Os sistemas fotovoltaicos domésticos, chamados de sistemas domésticos isolados, são aqueles que fornecem eletricidade a casas do setor residencial e que, como sua própria categoria faz referência, não estão ligados à rede de distribuição de energia elétrica da concessionária local (IEA-PVPS, 2006). No Brasil, em conformidade com as disposições do CRESESB (2005), estes sistemas atendem a demandas energéticas isoladas, geralmente, de uma comunidade, e fornecem eletricidade, principalmente, para iluminação, refrigeração, aquecimento de água e demais cargas residenciais baixas energeticamente.

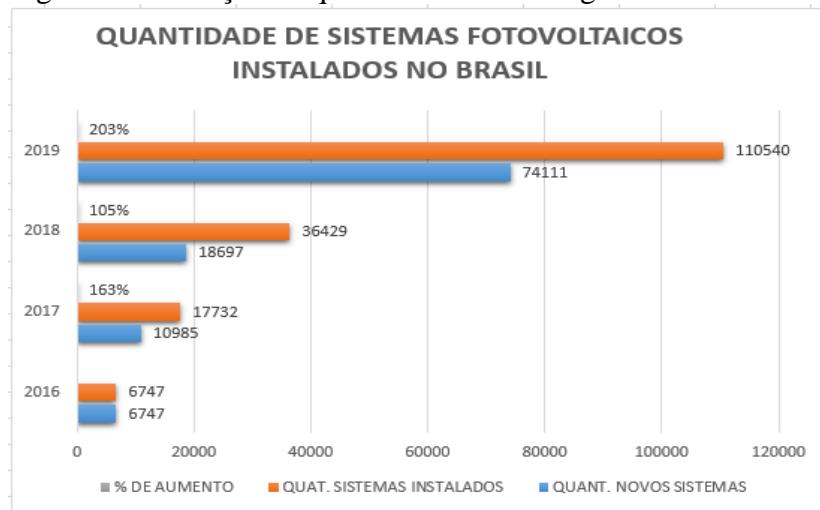
Os sistemas fotovoltaicos não domésticos isolados foram as aplicações incipientes direcionadas às demandas comerciais com relação a sistemas terrestres. Estes, geralmente, fornecem energia para uma grande abrangência de aplicações, como por exemplo, em telecomunicação, refrigeração de medicamentos e vacinas, bombeamento de água, alimentação energética de sistemas de irrigação e outros (MARKVART, 2000; IEA-PVPS, 2006).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 CRESCIMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

A energia fotovoltaica tem crescido de forma colossal no Brasil. Podemos identificar que em 2019 houve um aumento de mais de 203% na quantidade de sistemas instalados, comparado com 2018, foi o ano em que a instalação desse tipo de sistema mais cresceu no Brasil, passando de 36429 para 110540 sistemas instalados. Já no ano de 2018 ouve um crescente um pouco maior que 105 % em relação a 2017, saindo de 17732 para 36429 usinas fotovoltaicas. O mesmo acontece com o ano de 2017 com variação positiva de aproximadamente 163 % comparado a 2016, subindo de 6747 para 17732 em 2017. É possível analisar esses dados na Figura 4.

Figura 4 – Variação da quantidade de micro geradores no Brasil

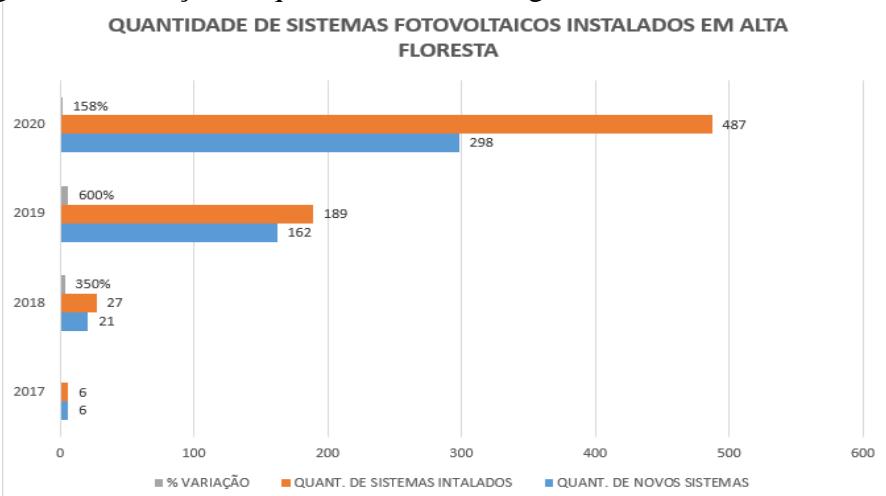


Fonte: ANEEL (2020).

### 3.2 CRESCIMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA EM ALTA FLORESTA –MT

Em Alta Floresta – MT não tem sido diferente esse crescimento. De acordo com dados fornecidos pela concessionária de energia do estado, o ano de 2016 não possuía unidade microgeradora no município. Mas a partir de 2017 esse número vem aumentando como podemos analisar na Figura 5 logo abaixo.

Figura 5 – Variação da quantidade de microgeradores em Alta Floresta-MT

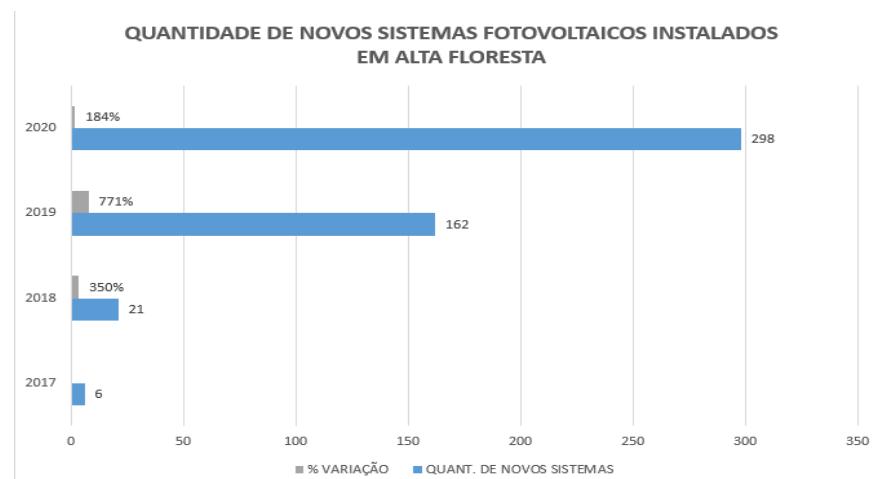


Fonte: ENERGISA (2020).

Analisando os dados fornecidos vale salientar que no ano de 2019 houve uma propulsão para financiamento desse tipo de sistema, e o aumento gradual no preço da tarifa de energia elétrica no estado, justificando assim o aumento de exorbitante de 600 % entre 2018 e 2019 na quantidade de sistemas instalados. Entre os Anos de 2019 e 2020, esse crescimento perdeu embalo, vindo a registrar até agora crescimento de 158 %, justificado pela pandemia do Corona Vírus, que impactou diretamente nas linhas de crédito fornecida pelos bancos. Outra justificativa é a demanda por equipamentos para o sistema, pois as fabricas em todos o Brasil estavam paradas, o que impossibilita a venda, instalação e funcionamento de uma usina solar.

Por outro lado, fazendo o comparativo entre a quantidade de novos sistemas instalados o crescimento continua ascendente e com uma curva positiva acentuada, 2020 teve 298 novas usinas solares enquanto 2019 teve a instalação de 162 novos sistemas, isso reflete a um aumento de 184 % em relação a quantidade de sistemas instalados em 2019. Já em 2019 foram instaladas 162 novas unidades microgeradoras mostrando um aumento de 711 % em relação a 2018, que obteve apenas 21 sistemas instalados. Como podemos observar na Figura 6.

Figura 6 – Variação da quantidade de novos sistemas de microgeração em Alta Floresta MT, em relação a quant. instalada no ano anterior



Fonte: ENERGISA (2020).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da conceituação realizada e descrição de aspectos do estudo da utilização de painéis fotovoltaicos para o fornecimento energético bem como caracterização e desafios enfrentados para sua aplicação, conclui-se que o esforço para promover mudanças e adequar às novas ambientes, principalmente, as econômicas, é de relevante importância.

Existe um grande potencial em ambientes mundiais para o desenvolvimento e aplicação deste tipo de fonte renovável de energia, e se faz importante o aprimoramento técnico dos profissionais desenvolvedores, aplicadores e efetivadores desta tecnologia. Pode-se notar que o fornecimento de energia elétrica por procedimentos renováveis advindos da energia fotovoltaica possui grande crescimento nas últimas décadas, a uma taxa média de cerca de 170 % ao ano, em evolução praticamente exponencial e tende a crescer ascendente.

Conclui-se, portanto, que a tecnologia fotovoltaica tem potencial para tornar-se uma das fontes de eletricidade predominantes no mundo em diversas ambientes e com um crescimento robusto e contínuo, mesmo em tempos de crise financeira e econômica, sobretudo, quando lançada para atender as demandas da sociedade referentes às residências, devido à alta demanda representada por estas.

Cabe ressaltar que uma das vantagens para o aumento do investimento na utilização de sistemas fotovoltaicos no Brasil é que o país apresenta características muito favoráveis a este tipo de produção de energia devido às características de incidência e irradiação solar e pela alta produção de silício, material utilizado na fabricação das placas solares.

No entanto, é preciso superar o nível tecnológico para realização de pesquisas a respeito do desenvolvimento deste tipo de tecnologia, já que o país ainda se encontra muito atrás com relação à tecnologia dos países desenvolvidos; bem como promover a conscientização sobre as vantagens geradas por esta modalidade de geração de energia.

É notório que a pandemia do novo Corona Vírus, diminuiu a taxa de crescimento da energia fotovoltaica em Alta Floresta, porém o crescimento ainda é satisfatório, sendo cerca de 184 % em

2020, mostrando a popularização do sistema, além de todas as vantagens com relação a preservação do meio ambiente

O que contribui para alavancar ainda mais esse mercado é a redução do preço dos materiais utilizados, dando ainda mais ênfase a energia renovável, gerando emprego e renda.

## REFERÊNCIAS

**ANEEL. Chamada n. 021/2016 - Projeto estratégico:** “Arranjos técnicos e comerciais para a inserção de sistemas de armazenamento de energia no setor elétrico brasileiro”. Brasil, 2016.

**ANEEL. Resolução normativa nº687.** Brasil, 2015.

**ARAÚJO, G. C. et al. Sustentabilidade empresarial:** conceito e indicadores. III Congresso Brasileiro Online de Administração, da Saúde E Agronomia (CONVIBRA) – 24 a 26 de novembro de 2006.

**BARBIERI, J. C. et al.** Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. **Revista de Administração de Empresas (RAE).** São Paulo, v. 50, n. 2, abr./jun. 2010.

**BARBOSA, G. S.** O Desafio do Desenvolvimento Sustentável. **Revista Visões**, 4. ed., n. 4, v 1, jan/jun. 2008.

**BRASIL.** Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2023.** Brasília: MME/EPE, 2014.

**CASTRO, Rui M. G. Introdução à energia eólica.** Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2003.

**CRESESB/CEPEL. Energia solar fotovoltaica.** 2005.

**COLLARES-PEREIRA, M. Energias renováveis, a opção inadiável.** SPES, Sociedade Portuguesa de Energia Solar, 2008.

**DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V.. Design Science Research:** método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

**IEA. International Energy Agency.** PVPS Annual Report, 2006.

**KRAUTER, S. Solar electric power generation:** photovoltaic energy systems. Berlin: Springer, 2010.

**LABOURET, A.; VILLOZ, M. Solar photovoltaic energy.** 4. ed. Paris: IET, 2015.

**LUQUE, Antonio.** Status, trends, challenges and the bright future of solar electricity from photovoltaics. **Handbook of photovoltaic science and engineering.** 1. ed. Great Britain, Wiley. 2003.

**MARKVART, T. Solar electricity.** John Wiley & Sons. 2. edition. May 2000.

---

MENDES, J. E. **Energia solar**. São Paulo: Cortez, 2018.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisas Energéticas, 2016.

MOURA, A. As tecnologias fotovoltaicas. **Renováveis Magazine**, n. 6, 2011, p. 40-44, 2017.

NASCIMENTO, Cássio Araújo do. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica**. Monografia (Pós-Graduação) - Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2004.

PEDROSA, P. J. B. M. **Desafios da regulação do setor elétrico, modicidade tarifária e atração de investimentos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANELL), 2005.

PETROBRAS. **Energia renováveis**: energia solar. 2006.

RANGEL, M. S.; BORGES, P. B.; SANTOS, I. F. S. Análise comparativa de custos e tarifas de energias renováveis no Brasil. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, 2016.

RUTHER, Ricardo. **Edifícios solares fotovoltaicos**. UFSC, LABSOLAR Florianópolis, 2014.

SOLARGIS. **Global horizontal irradiation**. Brazil, 2013.

TREVISAN, M. et al. **Uma ação de responsabilidade socioambiental no rodeio internacional**. In: Anais. Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP: Rio de Janeiro, 2008.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA - UDOP. Homepage, 2011.

WOLFGANG, P. **Energia solar e fontes alternativas**. São Paulo: Pioneira, 2014.