

Análise macroambiental do mercado de microgeração distribuída fotovoltaica no Brasil

Macroenvironmental analysis of the distributed photovoltaic microgeneration market in Brazil

André Tsuyoshi Hioki¹
Celia Regina Dias von Linsingen²
Clodomiro Unsihuay Vila³

Resumo

A expansão do mercado de energia solar fotovoltaica tem adquirido destaque nos últimos anos, principalmente devido a busca por energias renováveis, crescente adesão às práticas de *Environmental, Social and Governance* (ESG) e transição energética visando a sustentabilidade. Esse crescimento tem atraído inúmeras empresas para a geração distribuída, mas parte delas desconhecem as tendências, características e tecnologias de mercado. Desse modo, o objetivo deste estudo é analisar o macroambiente do mercado de energia fotovoltaica no Brasil, uma etapa essencial para elaboração do plano de negócios e do plano de marketing. A partir da ferramenta metodológica PESTEL e com enfoque em sistemas fotovoltaicos de pequena escala (microgeração), a análise do mercado fotovoltaico foi realizada em seis variáveis macro: política, econômica, social, tecnológica, ambiental e legal. Tal análise mostra que este mercado possui bons incentivos governamentais, fiscais e regulatórios. Os avanços tecnológicos, o baixo impacto ambiental e a tendência de queda dos preços dos equipamentos de energia solar fotovoltaica contribuem para um elevado crescimento do mercado de microgeração fotovoltaica no Brasil.

Palavras-chave: Energia Solar. Mercado Fotovoltaico. Microgeração Distribuída. Análise Macroambiental. Pestel.

¹ Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Paraná. Pesquisador Autônomo. *E-mail:* athioki@yahoo.com.br

² Mestra em Administração pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Professora da Pós-Graduação em Administração- Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR). *E-mail:* celia.linsingen@pucpr.br

³ Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá. Professor Associado do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Paraná. *E-mail:* clodomiro@eletrica.ufpr.br

Abstract

The expansion of the photovoltaic solar energy market has gained prominence in recent years, mainly due to the search for renewable energies, growing adherence to environmental, social and governance (ESG) practices and energy transition towards sustainability. This growth has attracted many companies into the distributed generation, however, some of them are unaware of the market trends, characteristics and technologies. Thus, the objective of this study is to analyze the macro environment of the photovoltaic energy market in Brazil, an essential step towards the elaboration of the business plan and the marketing plan. Using the PESTEL methodological tool and focusing on small-scale photovoltaic systems (microgeneration), the analysis of the photovoltaic market was carried out in six macro variables: political, economic, social, technological, environmental and legal. Such analysis shows that this market has good government, tax and regulatory incentives. Technological advances, low environmental impact and the downward trend in the prices of photovoltaic solar energy equipment contribute to a high growth in the photovoltaic microgeneration market in Brazil.

Keywords: Solar Energy. Photovoltaic Market. Distributed Microgeneration. Macro Environmental Analysis. Pestel.

Data de submissão: 22 de junho de 2022

Data de aprovação: 07 de novembro de 2022

A manutenção da vida na Terra é proporcionada pela radiação solar que chega na superfície terrestre.

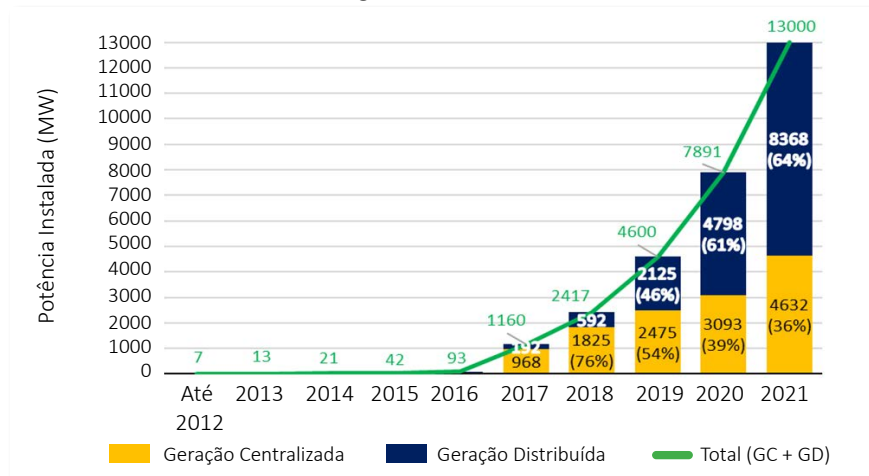
INTRODUÇÃO

A manutenção da vida na Terra é proporcionada pela radiação solar que chega na superfície terrestre. Uma energia renovável, infinita e disponível praticamente em todo planeta. A partir do fenômeno fotovoltaico (FV), a energia solar pode ser convertida em energia elétrica para consumo da sociedade.

A indústria FV se originou nos anos de 1950, quando os cientistas do Bell Laboratories, nos Estados Unidos, desenvolveram a célula FV a partir do silício, responsável pela conversão da energia solar em elétrica. Seu uso era restrito a aplicações espaciais e raramente em terrestres. Apenas na década de 1990, a importância da energia FV como fonte alternativa de energia elétrica foi bem estabelecida, a partir dos desenvolvimentos tecnológicos e aplicações em diversos países (MUNTASSER et al., 2000). A disseminação tecnológica da energia FV e a conscientização ambiental e sustentável em geração de energia elétrica têm impulsionado o crescimento do mercado FV.

Entre 2008 e 2018, respectivamente, com 15,8 GW e 509,3 GW ao final do ano, a capacidade instalada de energia FV no mundo aumentou mais de 3.200%, de acordo com os dados disponibilizados pela SolarPower Europe (2019). No Brasil, desde 2017, segundo Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica – Absolar (2020), a capacidade instalada de geração FV, considerando grandes usinas FV (geração centralizada), bem como as médias e pequenas usinas (geração distribuída), tem praticamente dobrado a cada ano. Em 2017 era 1 GW e passou para 2 GW em 2018, 4 GW em 2019, 7 GW em 2020 e 12 GW em 2021.

FIGURA 1 – Crescimento da energia fotovoltaica no Brasil



FONTE: Absolar (2022)

Vasto território brasileiro, boa irradiação solar e crescente demanda por energia elétrica corroboram para o crescimento do mercado FV brasileiro .

Especificamente, a geração distribuída (GD) FV, em que os sistemas fotovoltaicos (SFV) são conectados à rede elétrica e geram energia junto ou próximo do local de consumo, desde 2013, registra-se uma taxa média de crescimento de 230% ao ano no Brasil (FIG. 1), somando a microgeração (central geradora de energia elétrica com potência instalada menor ou igual a 75 kW) e minigeração (central geradora de energia elétrica com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW).

As políticas de incentivo ao uso de energias renováveis, as crescentes exigências pelo emprego de práticas de ESG pelas empresas, avanços tecnológicos, vasto território brasileiro, boa irradiação solar e crescente demanda por energia elétrica corroboram para o crescimento do mercado FV brasileiro e oportunidades para novas empresas se inserirem na área de energia solar (PEREIRA et al., 2017). A pesquisa do Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina (IDEAL) e Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha (AHK-RJ, 2019) demonstra que empresas com menos de 2 anos de atuação no Brasil, em 2018, equivaliam a 42% de todas as empresas no setor de energia solar. Dentro dessa porcentagem, é inevitável o ingresso de inúmeras empresas que desconhecem as tendências, características e tecnologias do mercado. A falta deste conhecimento do mercado-alvo dificulta enormemente a elaboração do plano de negócios e o plano de marketing. Conseqüentemente, a má elaboração ou a ausência destes planos pode colocar em risco a longevidade e saúde financeira empresarial diante de um mercado competitivo e ascendente.

Dessa forma, o objetivo do presente artigo foi analisar, através do método PESTEL, o macroambiente do mercado de microgeração distribuída FV no Brasil, cuja análise é vital para os planos de negócios e de marketing. A inovação do estudo consiste na utilização do método PESTEL (*Political, Economic, Social, Technological, Environmental and Legal*) dentro da análise do mercado fotovoltaico e microgeração distribuída brasileira.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao analisar o macroambiente de um mercado de microgeração distribuída FV, a compreensão do funcionamento e composição de equipamentos de um SFV facilita o entendimento sobre o tema.

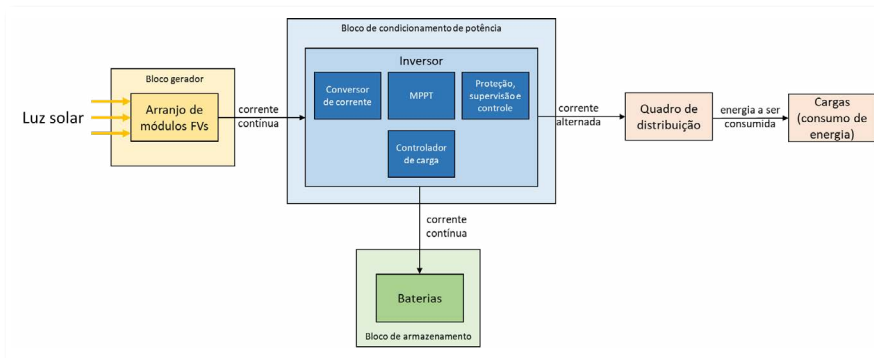
Segundo Pinho e Galdino (2014), o SFV é composto por três elementos principais: um bloco gerador, um bloco de condicionamento de potência e, opcionalmente, um bloco de armazenamento de energia.

O bloco gerador, constituído por módulos FV, é responsável por captar a energia solar e converter em energia elétrica. O módulo FV é composto por um conjunto de células FV conectadas em arranjos para produzir tensão e corrente elétrica. Além disso, possui a função de proteção às células contra impactos mecânicos e fatores climáticos. Por fim, cada módulo FV do bloco gerador é interligado por cabos elétricos e dispostos em arranjos em série e paralelo (PINHO; GALDINO, 2014).

A energia elétrica em corrente contínua gerada pelo bloco gerador é direcionada para o bloco de condicionamento de potência. Este segundo bloco é composto pelo inversor e controlador de carga. O inversor realiza a proteção, supervisão e controle do SFV, além de converter a corrente contínua em corrente alternada. Adicionalmente, conta com o *Maximum Power Point Tracker* (MPPT), um algoritmo que busca o melhor aproveitamento de potência dos módulos FV. Se houver armazenamento da energia gerada, o controlador de carga é o elemento que protege o bloco de armazenamento (composto de um banco de baterias) dos efeitos da sobrecarga ou descarga abrupta (PINHO; GALDINO, 2014).

Os sistemas que possuem o bloco de armazenamento são denominados SFV *off-grid*, ou seja, sistemas que não são conectados à rede elétrica. A energia excedente gerada e não consumida instantaneamente é armazenada nas baterias. Dessa forma, o sistema funciona de forma autônoma e isolada da rede elétrica da concessionária de energia. Para os SFVs *off-grid*, os inversores mais recentes no mercado (2022) já incluem o controlador de carga como funcionalidade.

FIGURA 2 – SFV *off-grid*

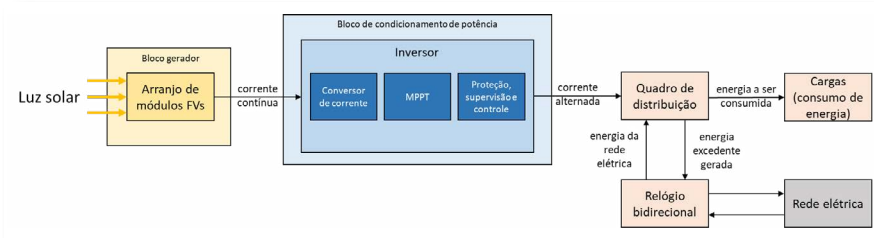


FONTE: Adaptado de Pinho e Galdino (2014)

Por outro lado, há os SFVs *on-grid* que são conectados à rede elétrica (FIG. 3). Neste caso, a energia excedente gerada é injetada na rede da concessionária, contabilizada por um medidor bidirecional e transformada

em créditos (conforme o Sistema de Compensação de Energia Elétrica). Dentro de 60 meses, o proprietário do SFV pode consumir esses créditos para usar a energia proveniente da rede da concessionária.

FIGURA 3 – SFV *on-grid*



FONTE: Adaptado de Pinho e Galdino (2014)

2 METODOLOGIA

O estudo consiste em levantamento bibliográfico e análise qualitativa. Dessa forma, foi realizada uma busca por materiais, apoiada nos princípios de coleta de dados de Yin (2010), que contribuiriam para a elaboração deste artigo, tais como: livros, artigos, dissertações, teses, estudos e pesquisas de mercado. As palavras-chave (em inglês e português) para iniciar o processo inicial de busca dos materiais foram: *Marketing Strategies, Marketing Plan, Macroenvironmental, Distributed Generation, Photovoltaic Energy, Solar Energy, Consumer Perception e Photovoltaic Market*. Posteriormente, foi realizada uma seleção de materiais baseada na análise qualitativa que levou ao atingimento do objetivo do trabalho. O método PESTEL foi escolhido para a análise macroambiental do mercado FV e GD no Brasil, pois abrange as variáveis mais relevantes deste mercado. O foco do estudo está na análise do mercado de microgeração distribuída brasileira.

2.1 MÉTODO DE ANÁLISE MACROAMBIENTAL

Inicialmente, o método de análise macroambiental PESTEL foi introduzido com o conceito do método PEST (*Political, Economic, Social and Technological*), em 1967, por Francis Joseph Aguilar, em seu livro *“Scanning the Business Environment”*, sob o nome ETPS (*Economic, Technical, Political and Social*) (SAMMUT-BONNICI; GALEA, 2015).

Posteriormente, surgiram outras variações do PEST, criadas conforme as necessidades de análise. Neste trabalho foi escolhida a variante PESTEL. Em relação ao PEST, o PESTEL, além da análise das

O método PESTEL foi escolhido para a análise macroambiental do mercado FV e GD no Brasil, pois abrange as variáveis mais relevantes deste mercado.

variáveis política, econômica, social e tecnológica, inclui a ambiental e a legal. Estas últimas duas variáveis devem ser incluídas na análise, pois estão intimamente relacionadas com o mercado fotovoltaico nas questões de sustentabilidade, ecologia e criação de marcos regulatórios para o mercado FV em crescimento.

No método PESTEL, cada uma das variáveis pode ser avaliada da seguinte forma:

- Político: nível de influência e intervenção do governo na economia e no mercado FV. Isso inclui incentivo e política governamental, regulação e legislação, estabilidade política e acordos com outros países.
- Econômico: condição da economia do país e mercado, se está em crescimento ou declínio, estabilidade monetária, taxa de inflação, câmbio e juros.
- Social: aspectos culturais, demográficos, costumes, crenças e hábitos.
- Tecnológico: nível da evolução da tecnologia, incentivos à pesquisa e desenvolvimento (P&D), apoio e aceitação da tecnologia e legislação tecnológica.
- Ambiental: contribuição ambiental, condições físicas e geográficas que permeiam o mercado em análise, regulações e legislação ambiental.
- Legal: apesar de existirem alguns aspectos que sejam similares as variáveis políticas e econômicas, inclui a legislação trabalhista, tributária e comercial ou aquelas que impactam diretamente o mercado em análise.

3 MACROAMBIENTE DO MERCADO FV E MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A identificação dos grupos de interesse e estrutura de um mercado é de suma importância para análise macroambiental, visto que facilita a compreensão da dinâmica do mercado. De acordo com Carstens e Cunha (2019), o mercado FV no Brasil está estruturado da seguinte forma:

1. Indústria: indústrias de módulos FVs e componentes do sistema, sindicatos;
2. Instituições governamentais: desenvolvedores das políticas e planejamento do sistema de energia, concessionárias de energia elétrica;
3. Organizações de financiamento: organizações financeiras e investidores;
4. Educação e formação profissional: universidades e institutos de ensino;
5. Associações e organizações não governamentais (ONGs): terceiro setor em defesa da sustentabilidade e crescimento da energia solar;
6. Geração FV centralizada: grandes usinas FVs administradas por companhias de energia, empresas multinacionais e gestoras de investimentos e ativos;
7. Geração FV distribuída: microgeração, minigeração, *smart grids* e cooperativas.

O grupo 7, a microgeração distribuída FV, tradicionalmente é constituída por dois principais agentes: os distribuidores e os integradores. A comercialização dos SFVs até o cliente final ocorre através do canal indireto (fabricante – intermediário – consumidor). Os fabricantes (grupo 1) disponibilizam os equipamentos e componentes do SFV por meio de canais de distribuição. Os distribuidores classificam e organizam os SFV de acordo com a marca, tipo e potência dos equipamentos. Assim, são montados conjuntos ou *kits* com os equipamentos e componentes (*inversor*, *string box*, estrutura de suporte dos módulos FVs, conectores e cabos) necessários para instalação do SFV. Além dos distribuidores comercializarem os SFVs aos integradores, frequentemente oferecem suporte técnico em parceria com os fabricantes. Por fim, os integradores de SFVs são responsáveis por projetar, instalar, manter e oferecer suporte aos clientes finais.

3.1 FATORES POLÍTICOS

As alterações climáticas têm sido um tema frequentemente discutido e de preocupação mundial. Sua relevância é de tamanha magnitude que, em 2015, 195 países e, dentre eles, o Brasil, firmaram compromisso através

Em 2021, na 26ª Conferência do Clima da Organização das Nações Unidas (ONU) – COP26, 196 países-membros aprovaram um documento que prevê a redução gradativa dos subsídios aos combustíveis fósseis e do uso do carvão.

do Acordo de Paris com o objetivo de reduzir a emissão dos gases de efeito estufa e conter o aquecimento global. Assim, em 2016, foi apresentada à *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), na qual o Brasil oficializa a meta de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% até 2025. Uma das ações propostas para atingir a meta foi aumentar em pelo menos 23% as energias renováveis (eólica, biomassa e solar) na matriz energética até 2030 (GOVERNO FEDERAL, 2020). Posteriormente, foi apresentada a nova NDC em 2020, com oficialização da meta de redução das emissões de gases em 43% até 2030.

Em 2021, na 26ª Conferência do Clima da Organização das Nações Unidas (ONU) – COP26, 196 países-membros aprovaram um documento que prevê a redução gradativa dos subsídios aos combustíveis fósseis e do uso do carvão. Na conferência, os países também se comprometeram com U\$S 100 bilhões por ano até 2025 para financiar medidas para evitar o aumento da temperatura global. Além do financiamento, definiram o funcionamento dos mercados de carbono que poderão apoiar os países na transição para uma economia descarbonizada (DANTAS, 2021).

No Brasil, há incentivos financeiros para o mercado que auxiliam no atingimento da meta de redução das emissões de gases de efeito estufa por meio da Agência Especial de Financiamento Industrial (FINAME) Baixo Carbono, subsidiária do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que financia a aquisição e comercialização de sistemas solares, aerogeradores, máquinas e equipamentos. Estes produtos devem ser novos, fabricados nacionalmente e contribuintes para redução da emissão de gases que agravam o aquecimento global (BNDES, 2020).

Além das questões ambientais, o governo está diretamente envolvido nos desafios do setor elétrico para desenvolvimento e crescimento do país. Dentre eles está o fornecimento de eletricidade para comunidades carentes e isoladas da rede elétrica, complemento da oferta de energia e promoção do desenvolvimento econômico e tecnológico de sistemas não convencionais de energia, o que inclui a tecnologia FV. No intuito de superar estes desafios foi criado o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM) com o Decreto de 27 de dezembro de 1994. A partir de 2005, o PRODEEM foi incorporado no Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica – Luz para Todos (LPT), por meio do Decreto nº 4.873/2003. No dia 5 de novembro de 2019, o Decreto nº 4.873/2003 foi revogado através do Decreto nº 10.087/2019 e o programa tem prazo para conclusão em 2022 (Decreto nº 9.357/2018).

O apoio governamental para estimular o uso eficiente da energia elétrica e promover o uso consciente de recursos naturais advém do Programa de Eficiência Energética (PEE), Lei nº 9991/2000. A lei estabelece que as concessionárias de energia elétrica devem aplicar anualmente 0,5% da sua receita operacional líquida (ROL) para financiar projetos de eficiência energética. Tais projetos podem envolver troca de equipamentos ineficientes e instalação de fonte de energia incentivada, como os SFVs. As empresas proponentes podem enviar propostas de projetos através das chamadas públicas. Caso sejam selecionados e aprovados, recursos financeiros são disponibilizados para executá-los (ANEEL, 2020).

Outro incentivo proporcionado pelo governo é o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD) criado pela publicação da Portaria do Ministério de Minas e Energia (MME) nº 538/2015. Este programa prevê a movimentação de mais de R\$ 100 bilhões em investimentos até 2030 e dentre os objetivos está a promoção da expansão do GD, baseado em fontes de energia renováveis, especialmente, a energia FV. Os estímulos se dão através da criação de linhas de crédito e financiamentos; propostas de valores de referência para a venda da energia excedente gerada; estruturação da comercialização da energia; e incentivos para nacionalização de tecnologias relacionadas a fontes alternativas de energia (MME, 2019).

Exclusivamente destinado aos pequenos produtores rurais, o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) do BNDES incentiva práticas sustentáveis através de linhas de financiamento de tecnologias que promovem a recuperação e conservação ambiental, como os SFVs. Por outra parte, o programa Construcard da Caixa Econômica Federal (Caixa) é um instrumento de financiamento destinado às pessoas físicas, geralmente usado para compra de materiais de construção, aerogeradores e sistemas solares.

A Caixa possui um segundo programa de incentivo às soluções sustentáveis. O Selo Casa Azul é um sistema de classificação de projetos habitacionais sustentáveis. O atendimento do projeto aos critérios deste sistema permite à construtora e ao adquirente da habitação taxas mais atrativas de financiamento. Uma das exigências da Caixa relacionada à energia elétrica é proporcionar o seu consumo através da geração por fontes renováveis (FV ou eólica). A concessão do selo da Caixa também concede valor agregado à habitação e conscientização de hábitos e conceitos sustentáveis à sociedade.

À medida que o país cresce, a demanda de energia elétrica aumenta, principalmente devido à maior atividade industrial e comercial.

3.2 FATORES ECONÔMICOS

Segundo as projeções da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o produto interno bruto do Brasil crescerá em média 3,1% ao ano até 2050, assumindo um cenário otimista com estabilidade do ambiente econômico, político e social (ANEEL, 2021). À medida que o país cresce, a demanda de energia elétrica aumenta, principalmente devido à maior atividade industrial e comercial. No mesmo cenário otimista, a taxa média de aumento de demanda por eletricidade será de 3,5% ao ano. Assim, projeta-se que o país pode triplicar a demanda de 2015 até 2050, atingindo aproximadamente 2.100 TWh. Para suprir o crescente consumo de energia elétrica, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), o setor elétrico brasileiro receberá cerca de 365 bilhões de reais em investimentos até 2030 para expandir o Sistema Interligado Nacional (SIN) (ANEEL, 2021).

Além do aumento da demanda, a tarifa de energia elétrica também tem sofrido altas anualmente. Uma das razões para as elevações das tarifas está na geração de energia, principalmente, em período de secas em que a geração hidráulica é reduzida e são ativadas as usinas térmicas (mais custosas para manter em funcionamento e mais poluentes). As tributações, expansões e manutenções do SIN também contribuem fortemente para os aumentos tarifários. Historicamente, de 2010 a 2020, a tarifa média residencial subiu 81%, bem acima do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA, comumente usado como índice de inflação do país) de 63% no mesmo período (ANEEL, 2019). Dessa forma, a geração própria de energia elétrica pelos SFVs tem sido uma alternativa para sofrer menos impactos dos reajustes tarifários.

A taxa de câmbio entre dólar e real também impacta o mercado FV, pois a maior parte dos equipamentos dos SFVs são importados. De acordo com Bezerra (2021), as importações representam 96,2% de todo volume de módulos FVs negociados no Brasil. Ademais, a tendência do dólar frente ao real tem sido de alta nos últimos 10 anos. Entre 2010 e 2020, a taxa de câmbio comercial do dólar triplicou, saindo de 1,7603 para 5,1558 R\$/US\$ (IPEA, 2021). Este aumento do dólar impacta diretamente a compra de equipamentos importados, e conseqüentemente, elevam os custos para o cliente final do mercado FV brasileiro.

Outro aspecto importante de análise é a tendência do mercado pelas práticas ESG. A adoção de boas práticas empresariais de governança (ética, *compliance* e transparência), responsabilidade social (diversidade

e equidade de gênero, satisfação do cliente) e ambiental (pegada de carbono, eficiência energética, gestão de resíduos) refletem em vantagens competitivas, aumento da reputação, lucratividade e maior adaptabilidade às novas tendências de mercado. Por esses motivos, as práticas de ESG têm sido importantes para as empresas (independentemente do setor, não apenas para o mercado FV) e observadas para alguns como necessidade, tanto para sociedade, mas principalmente para o mercado financeiro. Esta crescente tendência impulsionou as bolsas de valores a adotarem índices que medem o quanto as empresas seguem as práticas de ESG, bem como gestoras e instituições financeiras a criarem fundo de investimentos com empresas relacionadas ao ESG.

3.3 FATORES SOCIAIS

O hábito e comportamento das pessoas que compõem um determinado mercado são motivados pelos objetivos (desejos, esperanças e sonhos) que psicologicamente se buscam alcançar. Fatores culturais, sociais e pessoais também são influências sobre as pessoas ou consumidores (TYBOUT; CALDER, 2013).

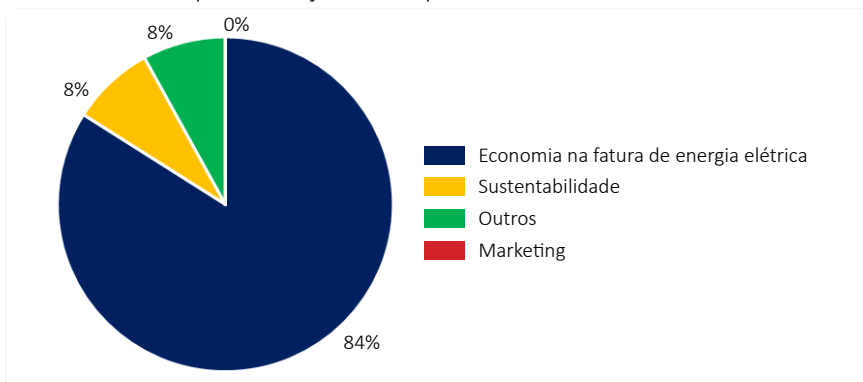
Segundo Tybout e Calder (2013), a hierarquia de objetivos do consumidor pode ser dividida em três partes:

1. Econômico: impacto financeiro;
2. Funcional: atributos e características que proporcionam utilidade ao cliente;
3. Emocional: envolve cultura, valores e crenças pessoais, e estima.

No Brasil, a principal motivação para adquirir um SFV está relacionada com o fator econômico, a economia na fatura de energia elétrica, como é possível observar pela FIG. 4. O fator funcional está intimamente ligado ao econômico, pois se espera que o SFV gere energia elétrica com eficiência, tenha baixos custos de manutenção e boa longevidade.

O segundo fator que impacta na motivação do cliente é o emocional, especificamente a sustentabilidade. A aquisição de um SFV pode contribuir para autoimagem, *status* social e uma aparência de “defensor” do meio ambiente.

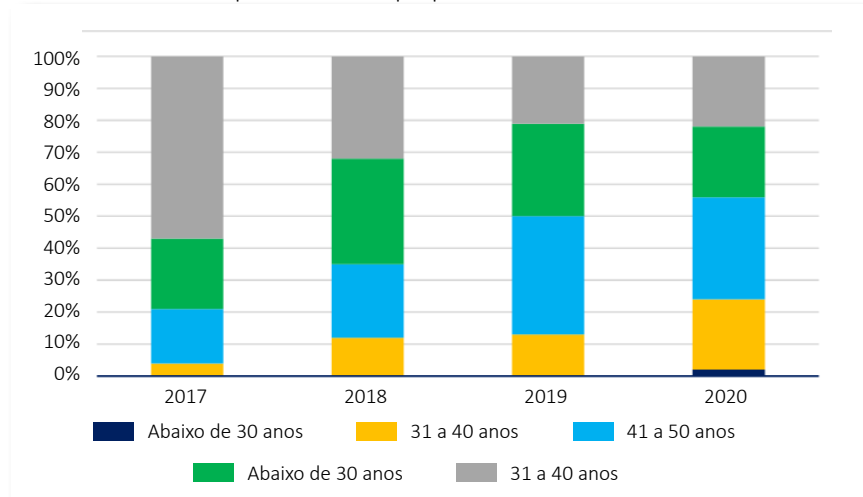
FIGURA 4 – Principal motivação em adquirir um sistema fotovoltaico



FONTE: Greener (2021)

Entre 2017 e 2020, nota-se que um público mais jovem tem adentrado no mercado FV, conforme a FIG. 5. A adesão das novas gerações pelos SFVs, podem estar vinculados a diversos fatores, tais como: aumento do poder aquisitivo e acesso aos financiamentos; entendimento do valor agregado dos SFV e conceitos de sustentabilidade; e o maior acesso à informação permite a disseminação dos educação financeira e investimentos de médio/longo prazo.

FIGURA 5 – Idade de pessoas físicas proprietárias de SFVs



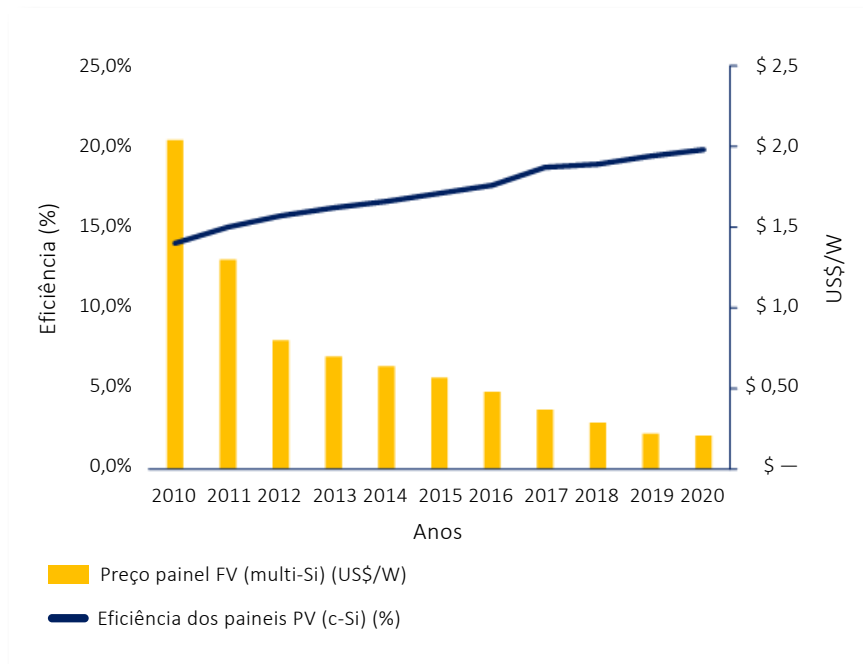
FONTE: Greener (2020)

3.4 FATORES TECNOLÓGICOS

A eficiência dos SFVs tem aumentado à medida que a tecnologia e pesquisas evoluem. De 2010 a 2020, a eficiência média dos módulos FVs com células de silício (*wafers*) cristalino aumentou cerca de 41% (FU; FELDMAN;

MARGOLIS, 2018). Atualmente (2022), os módulos produzidos em larga escala, ou seja, os módulos comerciais, são baseados na tecnologia de células de silício cristalino (c-Si), classificados em policristalino (multi-Si) e monocristalino (mono-Si), com uma arquitetura de células solares chamada *aluminum back surface field* (Al-BSF). Na FIG. 6, observa-se uma expressiva redução do preço médio global de módulos FVs c-Si de 90% em 10 anos. Mediante ao descobrimento de melhores técnicas de produção industrial, os custos são reduzidos progressivamente.

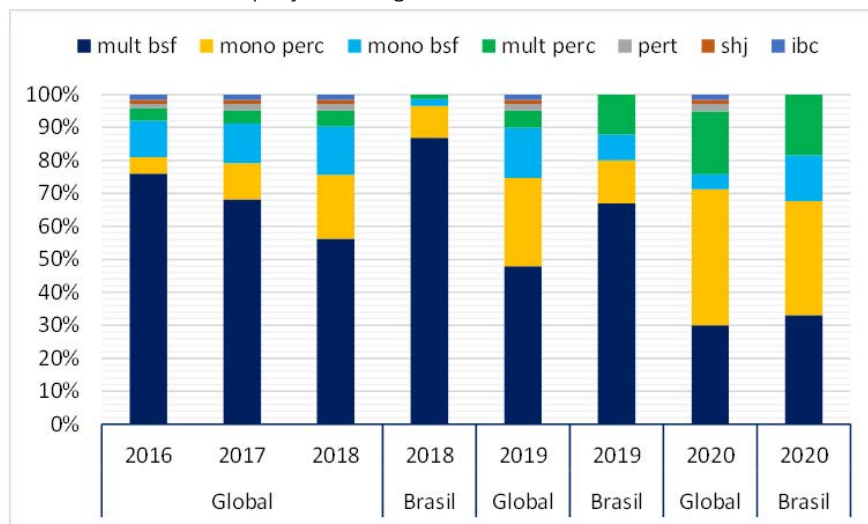
FIGURA 6 – Gráfico do preço médio global e eficiência média dos módulos FV (c-Si)



FONTE: Adaptado de Oberbeck et al. (2020); Benda e Cerna (2020); Ardani e Margolis (2010)

Outra arquitetura dos módulos FVs comerciais c-Si é o *Passivated Emitter and Rear Cell* (PERC). Além de possuir maior eficiência do que os módulos de arquitetura Al-BSF, têm conquistado espaço no mercado FV (FISCHER, 2020). Conforme a FIG. 7, de 2016 a 2020, o PERC e outras variantes (como o *Passivated Emitter, Rear Totally Diffused* – PERT) saltaram de 10% para 63% do *market share* global de tecnologia das células FVs. Existem outras arquiteturas de alta eficiência, como *Interdigitated Back Contact* (IBC) e *Silicon Heterojunction* (SHJ), mas são pouco usadas comercialmente devido às dificuldades de produção em larga escala.

FIGURA 7 – Gráfico do preço médio global e eficiência



FONTE: Adaptado de Wang e Barnett (2019); Greener (2019); Greener (2020)

Os módulos c-Si com tecnologia *half-cells* (metade da dimensão da célula FV *full-cell*) e *bifaciais* (células FVs nas duas faces do módulo) são outra tendência altista para adoção comercial nos próximos anos (FISCHER, 2020). Relativo à tecnologia de dopagem das células de silício, a dopagem com fósforo (*p-type*) praticamente domina o mercado com cerca de 92% de *market share* global em 2018. Já a dopagem com boro (*n-type*) possui 5% de uso na indústria. Apesar de permitir maior eficiência das células FVs, o processo de produção com esta tecnologia ainda tem um custo elevado. Os outros 3% do *market share* pertencem a tecnologia de filme-fino de silício amorfo (a-Si), telureto de cádmio (CdTe) ou cobre, índio, gálio e selênio (CIGS) (WANG; BARNETT, 2019).

Outra informação evidente através da FIG. 7 é o descompasso entre as tendências globais e o Brasil das tecnologias de módulos FVs mais eficientes. Um caso bem visível é o *market share* dos módulos policristalinos Al-BSF (multi-BSF). Em 2018, enquanto a média global do multi-BSF era de 56%, no Brasil, a dominância do mercado era de 87%. Apenas em 2020, o *market share* dos módulos FVs no Brasil começou a apresentar um perfil tecnológico similar ao global.

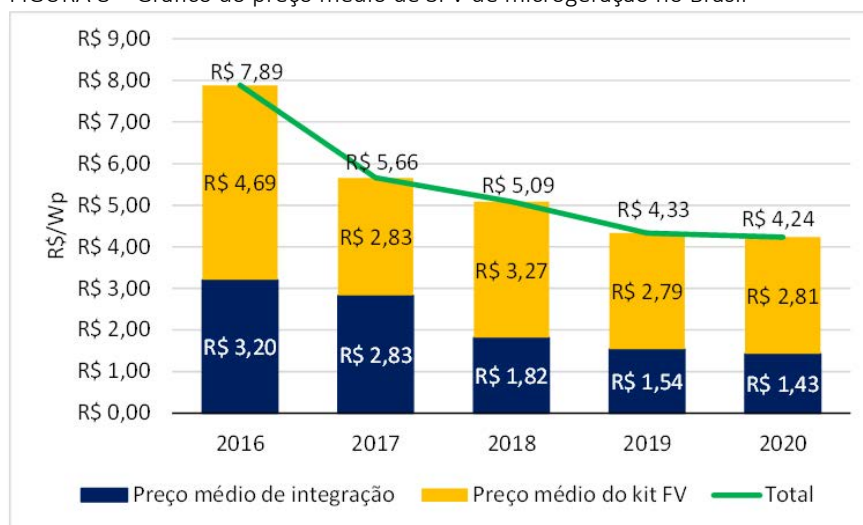
Para fomentar a inovação e desenvolvimento tecnológico nacional, a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), o BNDES e Aneel, lançaram o Plano Inova Energia em 14 de março de 2013. O programa consiste em disponibilizar recursos financeiros para empresas e instituições científicas tecnológicas (ICTs) brasileiras que visam empreender atividades de inovação aderentes às linhas temáticas definidas no Plano Inova Energia,

dentre as quais está o desenvolvimento de tecnologias para células FVs e seu componentes, inversores e equipamentos aplicados ao SFV (BNDES, 2013). O domínio da produção de células de silício FV seria de grande vantagem à indústria brasileira, pois o país conta com grandes reservas de quartzo, cujo mineral é usado para fabricação do silício.

Há também incentivos fiscais federais para atrair investimentos nas áreas de semicondutores e de *displays* (mostradores de informação) através do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores, criado pela Lei nº 11.484/2007. A partir do programa, toda a cadeia de módulos FVs é beneficiada com a isenção dos seguintes impostos: Imposto de Importação (II), Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), Contribuições do Programa de Integração Social (PIS) e de Financiamento da Seguridade Social (COFINS).

Além das evoluções tecnológicas dos módulos FVs, o custo total de todo conjunto de equipamentos que compõem o SFV também tem crescentes melhorias. Ao verificar a FIG. 8, de 2016 a 2020, houve uma redução de 40% no preço médio do SFV no Brasil. O preço médio de integração no país também apresentou redução. No mesmo período, passou de 3,20 para 1,43 R\$/Wp. Esta queda de 55% no preço de integração pode significar uma consolidação tecnológica e aumento da concorrência no mercado FV nacional. No segundo semestre de 2020, com a contínua redução dos preços, o *payback* médio (tempo necessário para recuperar o investimento inicial de aquisição e instalação do SFV) variou entre 3 a 5,5 anos (GREENER, 2021).

FIGURA 8 – Gráfico do preço médio de SFV de microgeração no Brasil



FONTE: Adaptado de Greener (2019); Greener (2020); Greener (2021)

No Brasil, a comercialização e conexão à rede elétrica dos equipamentos do SFV.

No Brasil, a comercialização e conexão à rede elétrica dos equipamentos do SFV (com potência nominal de até 10 kW) devem possuir, obrigatoriamente, a aprovação no Programa de Avaliação da Conformidade pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), segundo a Portaria 004/2011. Os requisitos mínimos de segurança estão estipulados no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). A aprovação pelo Inmetro concede aos equipamentos a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

Os inversores com potência nominal acima de 10 kW, apesar de não necessitarem da aprovação do Inmetro, são homologados nas concessionárias de energia elétrica mediante a apresentação de certificados de conformidade emitidos por laboratórios de certificação e testes.

3.5 FATORES AMBIENTAIS

Uma grande extensão do território brasileiro se situa na zona tropical, com uma irradiação solar média nacional anual no plano inclinado entre 4,5 kWh/m² e 6,3 kWh/m² (PINHO; GALDINO, 2014). Além da alta incidência solar, há um enorme potencial nos telhados das edificações. Segundo o estudo de Lange (2012), somente considerando os telhados residenciais, a área de aproveitamento é de 4.405,3 km², o equivalente a aproximadamente três vezes a área do município de São Paulo.

A geração de energia elétrica através dos SFVs tem um baixo impacto ao meio ambiente. A energia solar está disponível a todos e é uma fonte natural ilimitada, diferentemente das fontes fósseis consideradas não renováveis. Ao longo do processo de geração de energia pelos SFVs não há emissão de gases de efeito estufa, poluentes líquidos ou sólidos e não produzem ruídos sonoros. Requerem pouco espaço para ser instalado se comparado com as usinas hidrelétricas ou Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). Por esse motivo, conseguem facilmente se integrar a infraestruturas ou construções existentes e em meios urbanos ou rurais.

No território brasileiro, todos os empreendimentos capazes de causar alguma forma de degradação ambiental devem estar alinhados com as regulamentações ambientais, de acordo com a Lei nº 6.938/1981. Como os impactos ambientais da tecnologia FV são menores, os procedimentos para o licenciamento ambiental são simplificados e estabelecidos por legislações estaduais. No Estado do Paraná, por exemplo, o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) através da portaria nº 19, de 06 de fevereiro de 2017, estabelece que

A geração de energia elétrica através dos SFVs tem um baixo impacto ao meio ambiente.

unidades geradoras com potência instalada abaixo de 1 MW (ou seja, incluso os microgeradores) são isentos de licenças ambientais.

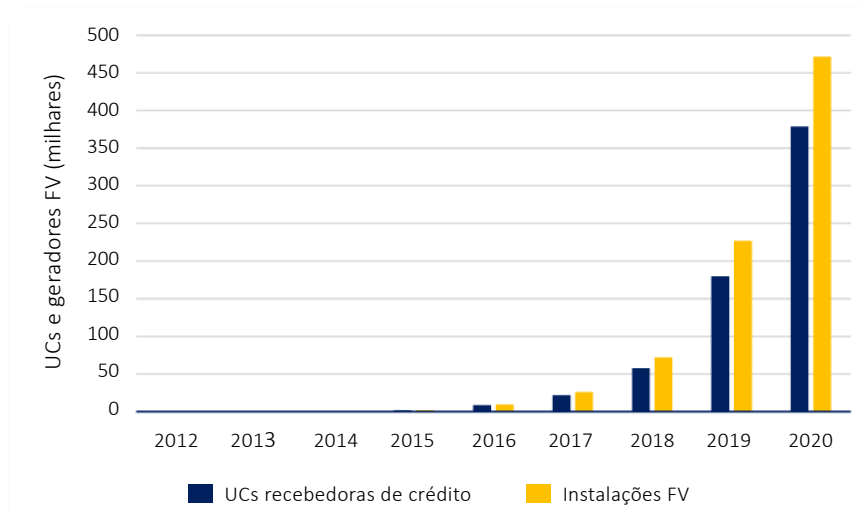
Apesar dos baixos níveis de geração de poluição, não há um planejamento concreto e eficiente para administrar os resíduos de descarte dos SFVs com o fim da sua vida útil média de 25 anos. Embora este valor seja uma média, pode ser reduzido em casos de danos climáticos, vandalismo, danos durante logística ou instalação, obsolescência tecnológica ou falhas técnicas. Segundo o International Renewable Energy Agency e International Energy Agency Photovoltaic Power Systems (2016), estima-se que 60 a 78 milhões de toneladas de módulos FVs serão descartados até 2050 em todo o mundo. No Brasil, apesar da existência da Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305/2010, e da regulamentação do sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônico pelo Decreto nº 10.240/2020, ainda há muito a ser desenvolvido e há oportunidade de negócios e serviços, especialmente com relação aos resíduos de SFVs.

3.6 FATORES LEGAIS

O grande marco para energia FV e a GD no Brasil ocorreu em 2012, quando foi regulamentado através da Resolução Normativa (REN) nº 482/2012 da Aneel, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), ou também conhecido internacionalmente como *net-metering*. Assim, quando o SFV gera mais energia do que o utilizado pela unidade consumidora (UC), o excedente é injetado na rede da concessionária e transformado em créditos para descontar na fatura de energia elétrica. Desde 2012, o número de SFVs e de UCs cadastradas no modelo de compensação de energia tem crescido consideravelmente, como se observa na FIG. 9. Além do *net-metering*, a regulamentação visa a redução burocrática da inserção dos SFVs na rede elétrica e adequações do módulo 3 (Conexão ao Sistema de Distribuição de Energia Elétrica) dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) (EPE, 2012).

Posteriormente, a REN nº 482/2012 foi ajustada com a REN nº 687/2015. A nova resolução estabelece a validade dos créditos para compensação de energia de 36 para 60 meses, nova faixa de potência instalada para microgeração e minigeração, geração em múltiplas unidades consumidoras e geração compartilhada entre consumidores de um consórcio ou cooperativa.

FIGURA 9 – Número de SFVs na GD e UCs receptoras de crédito



FONTE: Greener (2021)

A última revisão da REN de GD foi realizada em 2017 com a REN nº 786/2017. A resolução aumentou a faixa de potência da minigeração de 75 kW a 5 MW para todas as fontes de energia renováveis. A faixa da microgeração manteve-se conforme a REN nº 687/2015 de até 75 kW.

Os subsídios pelas instituições governamentais também beneficiam o mercado FV. Dentre as iniciativas criadas está a isenção do tributo Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), segundo o Convênio ICMS 101/97, nas operações que envolvam diversos componentes e equipamentos geradores de eletricidade a partir da energia solar e eólica. Em casos de componentes e equipamentos solares importados há incentivos de isenção de impostos de importação quando são adicionados à lista de ex-tarifários, de acordo com as políticas estabelecidas pelo Comitê Executivo de Gestão da Câmara de Comércio Exterior (Camex).

A energia injetada na rede de rede elétrica e devolvida por meio de créditos (*net metering*) também é isenta do ICMS (a partir do convênio ICMS 16/2015), do PIS e do COFINS, estipulado na Lei nº 13.169/2015. A Lei nº 11.488/2007 concede desconto de no mínimo 50% na Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e Tarifas de Uso do Sistema de Transmissão (TUST), para sistemas cuja potência injetada seja menor ou igual a 30 MW.

Todas as empresas que possuem empregados regidos de acordo com a Lei nº 6.514/1977 – Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), devem seguir as Normas Regulamentadoras (NR) relativas à segurança e medicina do trabalho. Apesar das NRs não serem leis, foram aprovadas na Portaria nº 3214/1978 e regulamentam os procedimentos obrigatórios

na CLT. Especificamente, para instaladores de SFVs, há procedimentos e requisitos especificados na NR-10 (segurança em instalações e serviços em eletricidade) e NR-35 (trabalho em altura – em casos de instalações executadas acima de 2,00 m do nível inferior). Além das NRs, existe a NBR 16384:2020, emitida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), cujo título é segurança em eletricidade – recomendações e orientações para trabalho seguro em serviços com eletricidade.

Além das leis citadas anteriormente, existem projetos de lei (PL) dedicados a energia FV que estão em tramitação no governo. Um deles é o PL 5077/2019. A sua ementa dispõe o estabelecimento do Programa de Incentivo a Fonte Solar Fotovoltaica (PISF), “com o direcionamento de parte da demanda de expansão de energia elétrica para a contratação de geração de energia elétrica solar, com leilões que prevejam o mínimo de 20% para essa fonte” (Projeto de Lei n. 5077, 2019).

O PL 5829/2019, que estava em tramitação, foi aprovado no dia 6 de janeiro de 2022 e entra em vigor pela Lei nº 14.300/2022. A partir desta lei, cria-se um marco legal da GD que prevê uma transição para a cobrança do TUSD Fio B aos microgeração e minigeradores participantes do SCEE, componente tarifário dos custos vinculados a utilização da infraestrutura da rede de distribuição da concessionária local até o consumidor. As regras previstas na REN nº 482/2012, permanecerão válidas até 2045 para os projetos de GD já em operação e para novos pedidos realizados em até 12 meses após a publicação da lei. Para SFVs que entrarem em operação entre 13 e 18 meses terão direito a uma transição para pagamento escalonado da TUSD Fio B até 31 de dezembro de 2030. Para as unidades consumidoras que entrarem em operação após 18 meses da aprovação da lei, a transição finaliza em 31 de dezembro de 2028.

Além do novo regime tarifário das unidades consumidoras participantes do SCEE foram definidos os limites da potência instalada da minigeração distribuída com fontes despacháveis e não despacháveis; a criação do Programa de Energia Renovável Social (PERS), destinado a financiar a projetos de GD para consumidores de baixa renda; exposição contratual involuntária das distribuidoras; a isenção das bandeiras tarifárias sobre a energia excedente injetada na rede elétrica; as instalações de iluminação pública no SCEE; a apresentação da garantia de fiel cumprimento para empreendimentos com potência superior a 500 kW; o novo regime tarifário aos minigeradores com potência maior que 0,5 MW e na modalidades autoconsumo remoto ou geração compartilhada; e os novos institutos jurídicos de reunião de consumidores na geração compartilhada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo teve como objetivo analisar o macroambiente do mercado de microgeração distribuída FV no Brasil. Foi utilizada a ferramenta de análise PESTEL, método amplamente conhecido na área de marketing e administração de empresas.

Apesar de o mercado FV ter expandido muito nos últimos anos, ainda há enorme potencial para manter o ritmo de crescimento. A maior adoção de práticas de ESG pelas empresas (principalmente no quesito ambiental) e mudança no comportamento do consumidor por hábitos mais sustentáveis são alguns dos fatores que ajudam a manter a expansão do mercado FV.

Além do benefício da geração própria de energia através da luz solar em um país com altos níveis de irradiação, os SFVs impactam pouco o meio ambiente durante a sua longa vida útil e exigem baixa frequência de manutenção. O mercado FV e o meio ambiente podem se beneficiar ainda mais com uma melhor definição e estímulos da logística reversa de SFVs no Brasil.

A política governamental também incentiva o uso da energia FV para diversificação da matriz energética do país, universalização da energia elétrica, eficiência energética e crescimento da microgeração distribuída. Desde 2012, as organizações governamentais têm focado em legislações e regulações que beneficiam o mercado FV, como a isenção de tributos na comercialização, desenvolvimento e fabricação de equipamentos e componentes de sistemas solares, bem como a redução de impostos e taxas na energia gerada pelos SFVs e injetada na rede elétrica. Um importante destaque regulatório para GD foi a REN nº 482/2012 e suas revisões, com o *net-metering*, modalidade e faixa de potência da GD, e redução burocrática para conexão dos SFVs na rede elétrica. Outro importante passo para a GD foi a Lei nº 14.300/2022, com a instituição do marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o SCEE e o programa social PERS. Apesar do mercado regulatório estar processo de desenvolvimento e aprimoramento e dos diversos incentivos criados pelos órgãos públicos, em momentos de instabilidade política, há revisões regulatórias, criação de leis e projetos de lei que impactam negativamente o mercado, como corte de incentivos, burocratização e insegurança para atrair novos investimentos.

Ao longo dos anos, a eficiência na geração de energia elétrica dos SFVs tem aumentado, principalmente com a aceitação de novas tecnologias de células FVs (mono e PERC). Conjuntamente com o apoio e

incentivo governamental em P&D, os processos de fabricação evoluem e os custos dos equipamentos e instalação de SFVs diminuem. Isso promove ao mercado maior acessibilidade para aquisição de um microgerador FV, sobretudo àqueles que buscam economia na fatura de energia elétrica.

Portanto, a partir da análise PESTEL, observa-se que o mercado de microgeração distribuída FV no Brasil possui condições propícias para expansão do mercado e novas oportunidades para os integradores de SFVs. Com o intenso crescimento do mercado FV nos últimos anos, a competitividade e a quantidade de empresas no setor também aumentaram. Apesar da análise macroambiental ser abrangente e necessitar de revisões conforme surgem novas tendências de mercado, ela é vital para o desenvolvimento de plano de marketing, plano de negócios e auxilia na definição de valor agregado do produto ou serviço. Com todos estes elementos bem definidos, o sucesso, a lucratividade e a longevidade empresarial tornam-se muito mais simples de serem atingidos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Luz na Tarifa**, 2019. Informações completas sobre processo tarifário. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/web/guest/luz-na-tarifa>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Programa de Eficiência Energética (PROPEE)**: Módulo 1 – Introdução. Brasília, 2020. Disponível em: https://www.peeeneel.com.br/download_file/banco_arquivos/July2017/OdC9n9dvqT3uEyBiE4BO.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução Normativa n. 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece 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**, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2022.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Setor elétrico terá R\$ 365 bi em investimentos até 2030, diz ANEEL em evento internacional**. Brasília, 17 maio 2021. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/setor-eletrico-tera-r-365-bi-em-investimentos-ate-2030-diz-aneel-em-evento-internacional/656877?inheritRedirect=false. Acesso em: 20 jun. 2021.
- ARDANI, Kristen; MARGOLIS, Robert. **Solar Technologies Market Report**. Golden, CO: NREL, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.2172/1032394>. Acesso em: 25 jun. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (ABSOLAR). **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil**: Infográfico ABSOLAR. Jan. 2022. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/wp-content/uploads/2022/01/2022.01.11-Infografico-ABSOLAR-n%2%b0-39.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (ABSOLAR). **Geração distribuída fotovoltaica cresce 230% ao ano no Brasil**. São Paulo, jul. 2020. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/geracao-distribuida-fotovoltaica-cresce-230-ao-ano-no-brasil/>. Acesso em: 23 nov. 2021.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **BNDES Finame – Baixo Carbono**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finame-baixo-carbono>. Acesso em: 23 nov. 2021.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Plano Inova Energia**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/plano-inova-empresa/plano-inova-energia>. Acesso em: 23 nov. 2021.

BENDA, Vítězslav; CERNA, Ladislava. PV cells and modules – State of the art, limits and trends. **Heliyon e05666**, Prague, v. 6, n. 12, p. 1-8, dec. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05666>. Acesso em: 20 jun. 2021.

BEZERRA, Francisco D. Micro e minigeração distribuída. **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, v. 6, n. 155, p. 1-15, fev. 2021. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/678>. Acesso em: 23 nov. 2021.

BRASIL. Lei n. 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 7 jan. 2022. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>. Acesso em: 26 jan. 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD)**. Brasília, 2019. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/documents/20182/6dac9bf7-78c7-ff43-1f03-8a7322476a08>. Acesso em: 20 jun. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2021.

BRASIL. Projeto de Lei n. 5077, de 17 de setembro de 2019. Dispõe sobre o incentivo à geração de energia elétrica a partir da fonte solar fotovoltaica. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=8011121&ts=1630439312847&disposition=inline>. Acesso em: 26 jan. 2022.

CARSTENS, Danielle Denes dos Santos; CUNHA, Sieglinde Kindl da. Challenges and opportunities for the growth of solar photovoltaic energy in Brazil. **Energy Policy**, United Kingdom, v. 125, n. 1, p. 396-404, fev. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.10.063>. Acesso em: 20 jun. 2021.

DANTAS, Carolina. COP26: texto final é aprovado e defende redução do uso de combustíveis fósseis. **G1**, 11 nov. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/meio-ambiente/cop-26/noticia/2021/11/13/cop26-texto-final-e-acordado-apos-pedido-de-mudanca-de-ultima-hora-mas-ainda-assim-defende-reducao-de-combustiveis-fosseis.ghtml>. Acesso em: 23 nov. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Rio de Janeiro, 2012.

FISCHER, Markus. **ITRPV 11th edition, April 2020**: report presentation and key findings. 2020. 41 slides. Web-seminar, 9 jun. 2020. Disponível em: <https://itrpv.vdma.org/documents/27094228/29066965/ITRPV020200Presentation/eb855894-bbfd-e9fa-b368-592c186986b6>. Acesso em: 23 nov. 2021.

FU, Ran; FELDMAN, David; MARGOLIS, Robert. **U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark**: Q1 2018. Golden, CO: NREL, 2018. Disponível em: <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/72399.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2021.

GOVERNO FEDERAL. Apresentação da Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil perante o Acordo de Paris. **Gov.br**, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/mre/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/2020/apresentacao-da-contribuicao-nacionalmente-determinada-do-brasil-perante-o-acordo-de-paris. Acesso em: 20 jun. 2021.

GREENER. **Estudo Estratégico Geração Distribuída**: Mercado Fotovoltaico – 2º Semestre 2018 Brasil. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.greener.com.br/estudo/estudo-estrategico-mercado-fotovoltaico-de-geracao-distribuida-2-semester-de-2018/>. Acesso em: 20 jun. 2021.

GREENER. **Estudo Estratégico Geração Distribuída**: Mercado Fotovoltaico – 2º Semestre 2019 Brasil. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.greener.com.br/estudo/estudo-estrategico-mercado-fotovoltaico-de-geracao-distribuida-2o-trimestre-de-2019/>. Acesso em: 20 jun. 2021.

GREENER. **Estudo Estratégico Geração Distribuída**: Mercado Fotovoltaico – 1º Semestre 2020 Brasil. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.greener.com.br/estudo/estudo-estrategico-mercado-fotovoltaico-de-geracao-distribuida-1-semester-de-2020/>. Acesso em: 20 jun. 2021.

GREENER. **Estudo Estratégico Geração Distribuída**: Mercado Fotovoltaico – 2º Semestre 2020 Brasil. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.greener.com.br/estudo/estudo-estrategico-mercado-fotovoltaico-de-geracao-distribuida-2-semester-de-2020/>. Acesso em: 20 jun. 2021.

GREWAL, Dhruv; LEVY, Michael. **Marketing**. 4. ed. Porto Alegre: McGraw Hill, 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Taxa de câmbio – R\$/US\$ – comercial – venda – média, 2021. **Banco Central do Brasil**, 3 jan. 2022. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=31924>. Acesso em: 20 jun. 2021.

INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS NA AMÉRICA LATINA (IDEAL); CÂMARA DE COMÉRCIO E INDÚSTRIA BRASIL-ALEMANHA (AHK-RJ). **The Brazilian Market of Distributed Solar Photovoltaic Generation – Annual Report 2019**. Florianópolis, 2019. Disponível em: https://brasilien.rio.ahk.de/fileadmin/AHK_RioDeJaneiro/Umweltsektor/Marktstudien/Estudo_Fotovoltaico_2019_EN.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.

LANGE, Wolfram Johannes. **Metodologia de mapeamento da área potencial de telhados de edificações residenciais no Brasil para fins de aproveitamento energético fotovoltaico**. Capivari: EPE/GIZ, 2012.

MUNTASSER, A Mohamed et al. Photovoltaic marketing in developing countries. **Applied Energy**, Tripoli, v. 65, n. 1, p. 67-72, abr. 2000.

OBERBECK, Lars et al. IPVF's PV technology vision for 2030. **Progress in Photovoltaics – Wiley**, v. 28, n. 11, p. 1207-1214, abr. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/pip.3305>. Acesso em: 20 jun. 2021.

PEREIRA, Enio Bueno et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>. Acesso em: 20 jun. 2021.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: GTES- CEPEL- DTE- CRESESB, 2014. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014. Acesso em: 20 jun. 2021.

SAMMUT-BONNICI, Tania; GALEA, David. Pest analysis. In: COOPER, Cary (Ed.). **Wiley Encyclopedia of Management**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2015. p. 1-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781118785317>. Acesso em: 20 jun. 2021.

SOLARPOWER EUROPE. **Global Market Outlook: for solar power 2019-2023**. Brussels, 2019. Disponível em: https://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2019/07/SolarPower-Europe_Global-Market-Outlook-2019-2023.pdf. Acesso em: 28 fev. 2021.

TYBOUT, Alice M.; CALDER, Bobby J. **Marketing**. São Paulo: Saraiva, 2013.

WANG, Xiaoting; BARNETT, Allen. The Evolving Value of Photovoltaic Module Efficiency. **Applied Sciences**, Switzerland, v. 9, n. 6, p. 1-13, mar. 2019. <https://doi.org/10.3390/app9061227>. Acesso em: 25 jun. 2021.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.