CENTRO UNIVERSITÁRIO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - UNIPAC
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MAICON WILLIAN BRUNO BALBINO
WEVERTON DA SILVA

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: uma análise dos parâmetros legais para geração e distribuição no Brasil

BARBACENA - MG
2023

MAICON WILLIAN BRUNO BALBINO

WEVERTON DA SILVA

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: uma análise dos parâmetros legais para geração e distribuição no Brasil

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos – UNIPAC, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Me. Tairine Cristine Bertola Cruz

BARBACENA - MG
2023

BALBINO, Maicon Willian Bruno; DA SILVA, Weverton. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: uma análise dos parâmetros legais para geração e distribuição no Brasil.** Barbacena: 2023. 29 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Centro Universitário Presidente Antônio Carlos.

Resumo: A energia solar fotovoltaica é baseada na conversão direta de energia solar em energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos. Este trabalho apresenta uma revisão sobre esta fonte de energia e a expõe como uma alternativa viável e sustentável, em um cenário de preocupação com os impactos ambientais causados pelo uso de outras fontes de energia, em especial, não renováveis. Discute os principais benefícios da utilização desta fonte e o aperfeiçoamento dos panoramas legais que impulsionam sua utilização e garantem a estabilidade do setor elétrico. Constata-se que a energia solar fotovoltaica desempenha um papel crucial na transição para uma matriz energética mais sustentável apesar de recentes modificações legais.

Palavras-chave: Energia Solar. Desenvolvimento Sustentável. Legislação.

Abstract: Photovoltaic solar energy is based on the direct conversion of solar energy into electrical energy by means of photovoltaic panels. This work presents a review of this energy source and exposes it as a viable and sustainable alternative, in a scenario of concern about the environmental impacts caused by the use of other energy sources, especially non-renewable ones. It discusses the main benefits of using this source and the improvement of the legal frameworks that drive its use and guarantee the stability of the electricity sector. It appears that photovoltaic solar energy makes a crucial role in the transition to a more sustainable energy matrix despite recent legal changes.

Keywords: Solar energy. Sustainable development. Legislation.

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO.....**	5
2	**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....**	6
2.1	**A demanda energética mundial.....**	6
2.2	**Fontes de energias renováveis e não renováveis.....**	7
2.3	**Energia fotovoltaica.....**	12
2.3.1	**A regulamentação dos sistemas fotovoltaicos no Brasil.....**	14
3	**CONSIDERAÇÕES FINAIS.....**	26
	REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as preocupações relacionadas aos impactos ambientais inerentes a evolução da humanidade acentuaram a busca por recursos energéticos que não esgotem os recursos naturais do planeta, ou seja, fontes de energia que sejam renováveis e possibilitem um desenvolvimento mais sustentável possível (SCHUTZ; MASSUQUETTI; ALVES, 2013; NOGUEIRA; CARDOSO, 2007; ALMEIDA, 2015).

Neste contexto, o uso da energia solar fotovoltaica, que consiste na geração de energia elétrica a partir de energia solar, destaca-se como uma tecnologia que permite a diversificação da matriz energética no Brasil e no mundo, em um cenário de crescente demanda (ALVES, 2019; BARBOSA FILHO *et al*, 2015).

Além disso, por se tratar de fonte renovável e inesgotável de energia, tem sido cada vez mais empregada, especialmente em países com clima tropical, com abundância de luz solar, como no Brasil. Vale destacar ainda que, a tecnologia fotovoltaica pode tornar-se cada vez mais acessível à medida que as discussões pertinentes à instalação e benefícios sejam difundidas entre os profissionais. Em outras palavras, é possível afirmar que a aplicação da energia solar fotovoltaica é uma alternativa viável e eficiente do ponto de vista econômico e ambiental (MARTINS *et al*, 2017; MACHADO; MIRANDA, 2015).

Logo, o presente trabalho fundamenta-se nas discussões que permeiam a implementação desta fonte de energia, visando destacar a evolução dos aspectos legais relativos à distribuição e geração de energia em um contexto energético nacional. Espera-se unir informações que apresentem as prerrogativas da energia solar e evidenciem o progresso dos sistemas fotovoltaicos no Brasil e que estes esclarecimentos possam contribuir para a reflexão sobre o uso da energia solar.

O método utilizado para o desenvolvimento deste trabalho foi o levantamento bibliográfico, no qual foi realizada uma pesquisa de dados em torno da temática central, fundamentando a análise do conteúdo de forma qualitativa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A demanda energética mundial

O aumento do número de habitantes no mundo implica em mudanças na vida da população, que demanda por melhores condições de urbanização, alimentação, moradia, água e energia. Todas essas necessidades ocasionam também mudanças no planeta, em especial as explorações de recursos para a geração de energia, fundamentais para o desenvolvimento social (SCHUTZ; MASSUQUETTI; ALVES, 2013; NOGUEIRA; CARDOSO, 2007; ALMEIDA, 2015).

A Resolução 01 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA considera impacto ambiental toda mudança nas propriedades físicas, químicas ou biológicas, provocada por matéria ou energia, decorrentes de atividades humanas diretas ou indiretas (CONAMA, 1986). Portanto, é possível afirmar que as atividades intrínsecas ao processo de evolução são as principais causadoras de efeitos negativos no meio ambiente (TOLMASQUIM; GUERREIRO; GORINI, 2007).

Neste sentido, as discussões sobre políticas climáticas, principalmente sobre as ações que podem diminuir as emissões de gases do efeito estufa (GEE), são constantes entre grupos de países (MARQUES, 2023). Diversos encontros e documentos foram elaborados ao longo dos anos, como por exemplo, a Agenda 21, resultado da Conferência Eco-92, realizada no Rio de Janeiro, em 1992 (MALHEIROS; PHLIPPI; COUTINHO, 2008; IGNACIO, 2020).

No entanto, mais de 30 anos após este evento, o mais recente relatório desenvolvido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC, fundado pela Organização das Nações Unidas – ONU, alerta sobre a urgência de ações para a contingência das mudanças climáticas, afim de garantir um futuro habitável [1] (IPCC, 2019).

---

[1] Developing, enabling and promoting access to cleaner energy sources and technologies can contribute to adaptation and mitigating climate change and combating desertification and forest degradation through decreasing the use of traditional biomass for energy while increasing the diversity of energy supply (medium confidence). This can have socioeconomic and health benefits, especially for women and children. (high confidence). The efficiency of wind and solar energy infrastructures is recognised; the efficiency can be affected in some regions by dust and sand storms (high confidence). {3.5.3, 3.5.4, 4.4.4, 7.5.2, Cross-Chapter Box 12 in Chapter 7}. Disponível em: https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/summary-for-policymakers/.

Segundo Hinrichs e Kleinbach (2011, p.1), “a energia é um dos principais constituintes da sociedade moderna”. Os autores enfatizam que a demanda energética, atualmente, estabelece-se como o pilar do desenvolvimento humano em um contexto histórico e econômico. Por isso, o processo de exploração de recursos para o atendimento da matriz energética mundial requer especial atenção, tendo como principal questão a busca pela utilização de novas alternativas para geração de energia.

Diante disto, um dos grandes desafios deste século está voltado para o aumento da participação de fontes renováveis, fundamental para o desenvolvimento sustentável (MAUAD; FERREIRA; TRINDADE, 2017). Neste lamiré, o tópico seguinte discute sobre fontes de energia renováveis e não renováveis.

2.2 Fontes de energias renováveis e não renováveis

Por definição, é considerada fonte de energia renovável toda fonte primária que pode se regenerar espontaneamente e rapidamente na natureza, como fontes hídricas, eólicas e térmicas. Já as fontes de energia não renováveis, também conhecidas como fontes fósseis, são aquelas que requerem recursos que se esgotam na natureza ou demandam de um longo período de tempo (milhões de anos) para se tornarem disponíveis novamente, como derivados de petróleo e carvão mineral (Quadro 1) (GOLDEMBERG, LUCON; 2007).

Quadro 1 – Fontes de energia renováveis e não renováveis

Fontes		**Energia primária**	**Energia secundária**
Não renováveis	Fósseis e Nucleares	Carvão mineral Derivados de petróleo Gás natural	Termoeletricidade Calor Combustível
	Nucleares	Materiais físseis	Calor
Renováveis	Tradicionais	Biomassa	Calor
	Convencionais	Potenciais hidráulicos	Hidreletricidade
	Novas	Potenciais hidráulicos, Biomassa, Energia Solar, eólica e geotermal, Maremotriz e das ondas	Hidreletricidade, Calor Termoeletricidade Biocombustíveis Eletricidade

Fonte: Adaptado de GOLDEMBERG; LUCON, 2007.

Energia primária é aquela que pode ser obtida na natureza de forma direta e energia secundária é aquela que pode ser transformada a partir da fonte primária. Visto que as demandas energéticas são o centro do desenvolvimento humano em um contexto histórico e atual, a compreensão da energia, bem como de recursos energéticos, limitações e efeitos ambientais de sua ampla utilização, é substancial (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2010).

Mesmo diante destas definições, ainda hoje são muito empregadas fontes fósseis de energia na matriz energética mundial, caracterizando a exploração em grande escala dos recursos do planeta. Este fato causa grande preocupação entre os especialistas no que diz respeito aos impactos ambientais decorrentes desta exploração no futuro (BERMANN, 2008; GOLDEMBERG, LUCON; 2007).

É imprescindível o debate contínuo sobre os impactos causados pela dependência de combustíveis fósseis, em conjunto com o interesse e incentivo pela implementação de bases energéticas que causem menores impactos, visando assim soluções sustentáveis por meio de geração de energia oriunda de fontes limpas, renováveis e ambientalmente corretas (BERMAN, 2008; MOREIRA; CARDOSO, 2010).

Vale destacar que, até mesmo as fontes renováveis de energia apresentam vantagens e desvantagens quanto ao seu uso e implementação. Cardoso e Moreira (2010) apontaram dentre as principais vantagens a abundância dos recursos em comparação às fontes não renováveis, minimização de efeitos ambientais (emissão de gases poluentes e alterações climáticas, por exemplo), redução de dependência de fontes fósseis, crescimento em relação ao desenvolvimento tecnológico e autonomia energética do país. Já as desvantagens estão relacionadas basicamente a investimento e infraestrutura.

Ainda em relação as desvantagens relativas à infraestrutura, destaca-se a energia de biomassa, considerada não limpa; a hidroelétrica, com processos que podem causar consequências consideráveis no solo e vegetação e a eólica com a geração de poluição sonora. As energias solares e de ondas requerem altos custos e localização específica, respectivamente (MOREIRA; CARDOSO, 2010).

A biomassa - recurso renovável oriundo da queima de matéria orgânica de origem animal ou vegetal acumulada – foi fonte de energia primária por um longo tempo durante o desenvolvimento da humanidade e que ainda tem maior potencial de

crescimento, atualmente. Inicialmente foi utilizada somente em atividades residenciais e a partir do século XIX em atividades industriais. Podendo ser dividida em duas subcategorias, biomassa tradicional (proveniente de madeira, lenha, carvão, resíduos agrícolas) e biomassa moderna (álcool proveniente de cada de açúcar e biodiesel) (ANEEL, 2008; GOLDEMBERG, 2009; GUARDABASSI, 2006).

Entretanto, apesar de se tratar de um recurso renovável, a biomassa tradicional é fruto de preocupações entre os ambientalistas pelo fato de apresentar uma exploração não sustentável, além de ser empregada de forma primitiva em regiões onde a população é mais pobre. Desta forma, as tecnologias atuais estão concentradas no aproveitamento da biomassa moderna, visando as suas principais formas secundárias, energia elétrica e produção de combustíveis (LEAL, 2017). No setor elétrico as alternativas são promissoras, no sentido de se tornar uma fonte de energia comercialmente disponível, contudo, ainda que haja a projeção da intensificação do uso desta energia (SANTOS; NASCIMENTO; ALVES, 2017), os esforços são concentrados na produção e melhor utilização de combustível para o setor de transporte (GOLDEMBERG, 2009).

Já em relação as fontes de energia tradicionais, a geração de energia hidráulica (gerada a partir de fluxo das águas) também requer atenção em relação aos seus efeitos. São diversos impactos ambientais e imensuráveis impactos sociais causados pela construção das grandes estruturas das hidrelétricas. Queiroz (2013) aponta as alterações na vazão/fluxo dos rios, na umidade/temperatura, erosões e diminuição da biodiversidade como principais impactos hidrológicos, climáticos, do solo e da flora, respectivamente. Aumento na produção de resíduos em consequência do crescimento da população local, bem como modificações no trânsito e aumento na inflação, que podem ser consideradas repercussões sociais e culturais.

Mesmo diante disto, o Brasil é hoje o terceiro maior potencial hidráulico no mundo. Em contrapartida, a participação de água na produção de energia elétrica mundial é pequena, devido ao fato da forma de distribuição da água na superfície terrestre (ANEEL, 2008). A grande concentração de águas está nos oceanos e para a instalação de usinas hidrelétrica é necessária a vazão dos rios em desnível (JÚNIOR, 2013).

O Brasil é beneficiado pela quantidade de recursos hídricos disponíveis para geração de energia elétrica. A participação das hidrelétricas é importante no país do

ponto de vista ambiental e emissões de GEE, além de proporcionar independência de fornecimento energético externo e baixo custo se comparado às fontes não renováveis (ANEEL, 2008; MOREIRA; CARDOSO, 2010). Embora possam ser apontados fatores notáveis em relação esta forma de energia, sua utilização não está livre da influência de fatores climáticos, em períodos de seca por exemplo há a redução dos níveis de reservatórios e em consequência, aumento dos custos.

Diante destas averiguações, da preocupação com o esgotamento de recursos não renováveis em um certo período de tempo e com o intuito de minimizar a dependência destas duas principais fontes apresentadas (hídrica e biomassa), foram criados programas oficiais para a ampliação de outras fontes renováveis de energia. Emergindo então, um grupo caracterizado como “outras fontes”, que inclui energia eólica (proveniente da energia cinéticas das massas de ar), geotérmica, maremotriz, das ondas e solar (ANEEL, 2008).

O fato de todas estas fontes serem consideradas ambientalmente corretas não implica em sua ampla utilização. No geral, ainda não apresentam custos favoráveis em escala comercial, sendo empregadas como fontes de energia complementares a energia hidráulica (ANEEL, 2008).

A aplicabilidade das energias renováveis, que estão disponíveis em abundância na natureza, cresceu então a partir da década de 1970 em consonância com a busca de fontes mais limpas de energia (SIMAS; PACCA, 2013), como de fato, do grupo outras fontes. O Painel Intergovernamental das Alterações Climáticas (IPCC) preconiza que o uso destas fontes reduz consideravelmente as emissões dos gases do efeito estufa, principais responsáveis pelas alterações climáticas atualmente (IPCC, 2023).

A geração de energia a partir de usinas eólicas tem progredido também à medida que são desenvolvidos equipamentos mais potentes, entretanto é uma fonte energética que é refém de condições climáticas específicas, assim como as fontes hidráulicas (ANEEL, 2008; SIMMAS; PACCA, 2013). Já energia geotérmica, evolui lentamente desde a construção da primeira usina geotérmica, em 1904. É uma fonte pouco aproveitada, pois deriva do calor interno no planeta e a construção de usinas é viável somente em determinadas localidades. No Brasil, por exemplo não existe nenhuma instalação em operação de usina geotérmica (ANEEL, 2008).

O aproveitamento das marés e das ondas é promissora, mas ainda está em fase de desenvolvimento, sua aplicação só será significativa a partir de 2025, não apresentando também potencial competitivo com hidrelétricas e biomassa (ANEEL, 2008; NETO *et al*, 2011).

A energia solar, empregada em sistemas heliotérmicos e fotovoltaicos, apresentava até 2008 pequena participação na matriz energética, com possibilidade de crescimento de sistemas de geração individuais (ANEEL, 2008). O relatório final do Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030) indica que os sistemas fotovoltaicos isolados ainda dependem de incentivos e de vencer alguns obstáculos de mercado, o que pode se tornar ainda mais complexo à medida que os sistemas fotovoltaicos integrados forem ampliados (TOLMASQUIM, 2007). O PNE 2030 ainda anunciou que:

> [...]energia solar fotovoltaica integrada à rede surge como uma grande promessa para a geração distribuída. Questões técnicas para seu emprego parecem equacionadas. Um dos aspectos importantes será normalizar questões essenciais da geração distribuída, nos aspectos de qualidade, segurança e proteção. Mas a maior dificuldade ainda reside no custo das células. Considera-se que a geração torna-se competitiva a partir de US$ 3.000/kW, tomando como base de comparação a tarifa de fornecimento. Nessa situação, o custo do módulo seria de US$ 1,50, que a curva de aprendizagem sugere possível atingir, nos Estados Unidos, somente após 2020. Nessas condições, considerou-se que o aproveitamento da energia solar fotovoltaica, integrada à rede, seria marginal no horizonte do PNE 2030 (TOLMASQUIM, 2007, p. 179).

É possível notar que, neste momento, o PNE julgou a geração fotovoltaica secundária em relação às outras fontes. Elgamal, Demajorovic e Augusto (2015) acrescentam que esta previsão está relacionada a falta de políticas de incentivo e reconhecimento da importância desta fonte no contexto climático atual. Apesar disso, nos anos seguintes houve um crescimento rápido, mais especificamente a partir de 2008, devido as metas de redução de GEE propostas pelo Protocolo de Kyoto, aperfeiçoamento de sistemas (mais eficientes e mais baratos) e evolução de normas e leis.

Com isso, a Resolução Normativa de 17 de abril de 2012 pode ser considerada um marco em relação ao desenvolvimento de fontes que contribuem para uma sociedade mais sustentável. Desde sua aprovação, o consumidor pode gerar sua própria energia e incorporar o excedente na rede local distribuindo-o.

2.3 Energia fotovoltaica

A busca por fontes de energia aliadas ao crescimento econômico, de forma que os avanços não sejam indiferentes ao meio ambiente, aponta como alternativa viável a energia fotovoltaica. Esta caracteriza-se pela transformação direta da radiação solar em eletricidade por meios de células fotovoltaicas. É uma fonte importante já que a energia solar é inesgotável e fonte primária renovável em todo o planeta (ALVES, 2019).

As células fotovoltaicas (FIG.1) são formadas por um material semicondutor (silício), que permite a criação de um campo elétrico – junção – com duas camadas de semicondutores, que à medida que é estimulado pela radiação, possibilita a formação do fluxo eletrônico gerando energia na forma de corrente contínua. Em outras palavras, quando a luz incide no material os elétrons são ejetados da superfície, através do efeito fotovoltaico. Desta forma, quanto maior for a intensidade da radiação solar, maior será o fluxo de energia elétrica (ANEEL, 2008; BRITO; SILVA, 2006; CASTRO, 2002; CRESESB, 2019).

Figura 1 – Célula fotovoltaica

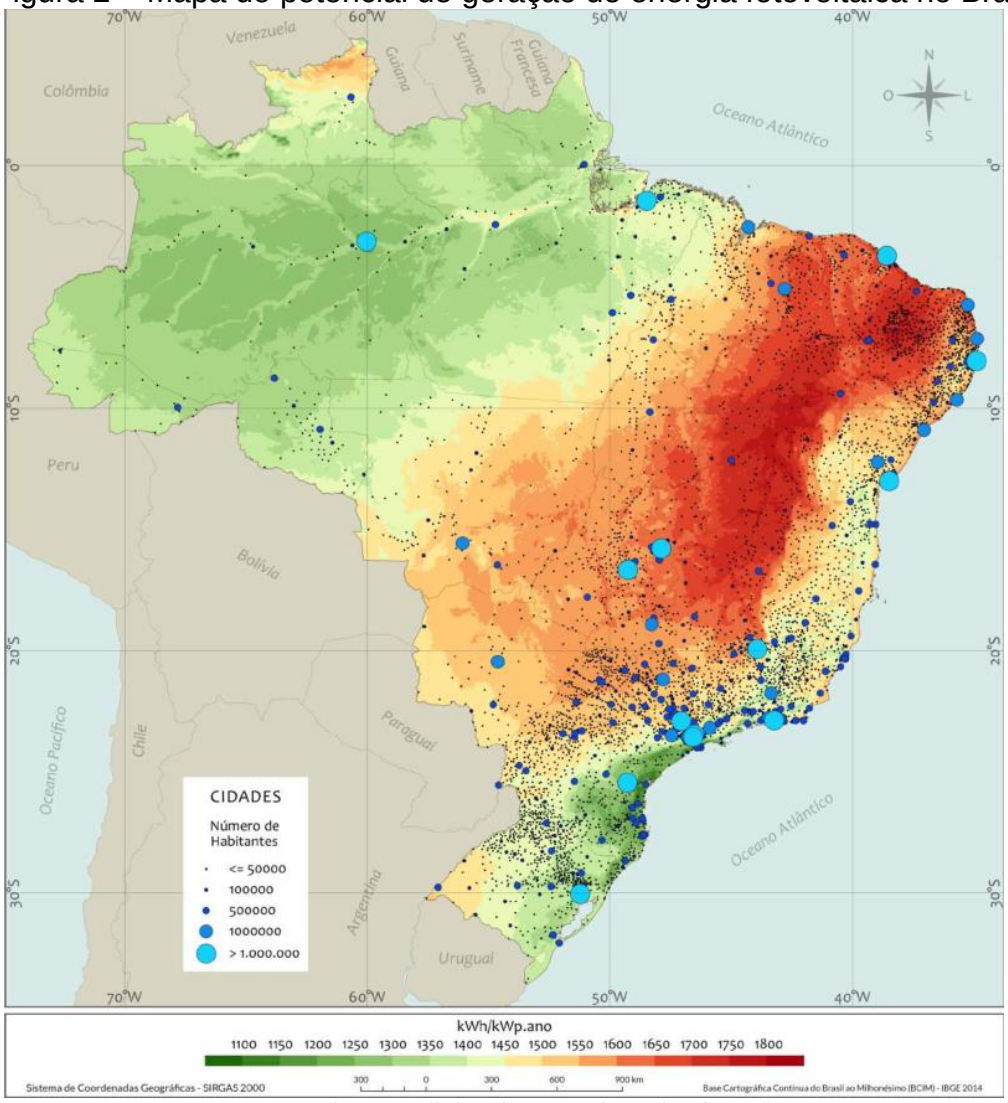
Fonte: Portal Solar (2023)

O Brasil pode ser considerado privilegiado em termos de irradiação solar média, pois recebe anualmente 1200 a 2400 kWh/m^2 , segundo o Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica (Cresesb)[2]. A FIG. 2 demonstra o mapa do potencial de

[2] Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata

geração de energia fotovoltaica no país, avaliado em usinas de grande porte e a geração em telhados e edifícios (MARTINS *et al*, 2017).

Figura 2 – Mapa do potencial de geração de energia fotovoltaica no Brasil.



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017).

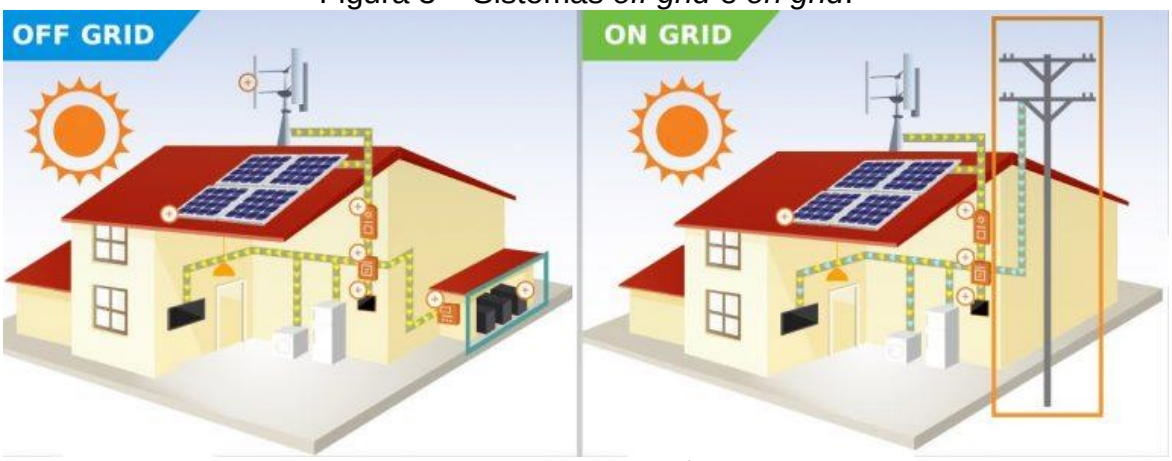
Reconhece-se que as usinas de grande porte estão centralizadas nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, fato que pode ser associado aos agrupamentos populacionais nestes locais, evidenciados por pontos azuis no mapa. Felizmente, a incidência de irradiação solar nestas regiões é também bastante favorável, entretanto, até mesmo em locais menos ensolarados no Brasil é possível gerar eletricidade por meio de placas fotovoltaicas. O mapa evidencia ainda, o rendimento energético por região em áreas residenciais e fazendas de energia solar (MARTINS *et al*, 2017).

Ademais, foi prevista a possibilidade de ampliação de instalações (usinas e residenciais) à medida que ocorresse a redução dos valores de geradores, aumento

da tarifa de energia por parte das distribuidoras e até mesmo aumento da incidência da irradiação ao longo do território nacional (MARTINS *et al*, 2017).

Vale enfatizar que os sistemas fotovoltaicos podem ser instalados em residências ou em indústrias de duas formas: como sistemas *on grid*, conectados à rede elétrica convencional, atuando de maneira complementar; ou como os sistemas *off grid*, que são aqueles não conectados à rede elétrica e atuam de forma isolada (FIG.3) Os sistemas *on grid* são mais comuns em locais onde já existe distribuição de energia elétrica, ao contrário dos *off grid*, que são mais comuns em regiões afastadas dos centros urbanos, onde existe pouco ou nenhum acesso a distribuição de energia. Apesar dessas diferenças operacionais, ambos têm como objetivo diversificar a matriz energética e minimizar os custos da fatura de energia (ALVES, 2019).

Figura 3 – Sistemas *off grid* e *on grid*.



Fonte: Revista Potência [3](2023).

Atualmente existem vários sistemas fotovoltaicos instalados no Brasil, com diferentes aplicações, como por exemplo, sistema de bombeamento fotovoltaico para irrigação em Capim Grosso (BA) e também para eletrificação residencial e escolares no Ceará, atendendo e beneficiando inúmeras famílias nestas regiões (CRESESB, 2019).

A instalação de painéis fotovoltaicos é considerada bastante vantajosa atualmente e ainda apresenta grande potencial para expansão. Entretanto, assim como as outras fontes de energias renováveis, o empreendimento da geração de

[3] Disponível em: https://revistapotencia.com.br/eletricista-consciente/instalacao-fotovoltaica/energia-solar-sistemas-on-grid-e-off-grid/

energia fotovoltaica se deu também a partir das metas de redução da emissão de GEE, marcadas pelo Protocolo de Kyoto e até meados de 2006 sua utilização era pouco difundida.

Somente a partir de 2008, o campo apresentou um rápido crescimento, sendo marcado também pelo aumento no investimento e se movimentando no Brasil em função da ampliação do uso em países mais desenvolvidos (ELGAMAL; DEMAJOROVIC; AUGUSTO, 2015). Contudo, apesar de condições climáticas favoráveis para implementação, a distribuição de energia fotovoltaica no Brasil até este momento, assim como as outras do grupo é pouco expressiva (ANEEL, 2008; MARTINS *et al*, 2017).

Embora a instalação de grandes usinas possa apresentar alguns impactos ambientais, relativos à localização e influência no ecossistema dos locais de instalação, estes são considerados mínimos se comparados aos impactos causados por outras fontes energéticas e, portanto, são promissoras no âmbito de desenvolvimento sustentável (BARBOSA FILHO *et al*, 2015).

2.3.1 A regulamentação dos sistemas fotovoltaicos no Brasil

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) foi criada em 1996 com o objetivo de “regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal” (BRASIL, 1996) e desde então, vem estudando as possíveis melhorias no setor elétrico brasileiro. No uso de suas atribuições, a ANEEL normatiza, fiscaliza e estabelece tarifas referentes ao setor. Além disso, é responsável pela resolução de problemas administrativos e relativos às permissões de serviços de energia elétrica (ANEEL, 2022).

A regulamentação dos sistemas fotovoltaicos no Brasil abrange várias normas e resoluções estabelecidas pela ANEEL e outras entidades reguladoras, as quais sofreram algumas alterações ao longo dos anos. Em 2012, a ANEEL anunciou uma medida que permitiu ao cidadão gerar sua própria energia, através da Resolução Normativa n°492, conhecida como REN 492/2012. Posteriormente em 2015, esta resolução foi revisada e atualizada por meio da Resolução Normativa n° 687 (REN 687/2015). Em seguida, discutiu-se a imprescindibilidade de amparar os

consumidores, regular os procedimentos e faturamentos via lei federal. Neste cenário, foi sancionado o Projeto de Lei 5.829 em 2019 que finalmente instituiu o Marco Legal da Geração Distribuída (MLGD) em 2022. O decurso relativo à evolução destes aspectos legais pode ser ilustrado na FIG.4.

Figura 4 – Linha do tempo da regulamentação e da legislação da geração distribuída no Brasil

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

A REN 482 estabeleceu critérios e procedimentos para a instalação dos sistemas de geração distribuída, medição de energia gerada e consumida, acesso à rede, bem como as normas para compensação dos créditos de energia. Desde então, as concessionárias precisaram “adequar seus sistemas comerciais e elaborar ou revisar normas técnicas para tratar do acesso de microgeração e minigeração distribuída” (ANEEL, 2012, p.3). Vale destacar que, neste momento o excedente de energia gerado (diferença entre energia injetada e consumida) seria compensado principalmente, em benefícios na conta de luz emitida pela concessionária principal.

A Resolução Normativa n° 687 (REN 687) modificou a REN 482, adotando novas medidas para os sistemas de geração distribuída e alterando pontos relativos aos chamados créditos de energia. A partir deste momento, todo o excedente injetado no sistema de distribuição poderia ser devolvido para o consumidor dentro de 5 anos, havendo então um aumento no período de compensação do excedente (ANNEL, 2015). Dentre os pontos mais relevantes destas resoluções destaca-se a definição das formas de geração e distribuição de energia:

> I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

> II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; (BRASIL, 2012).

Estas resoluções podem ser consideradas o ponto de partida em relação a regulamentação da microgeração e minigeração distribuída (MMGD) no Brasil, sendo referência no setor de energia elétrica. Apesar disso, com aumento de investimento e da participação da população na geração de energia a partir de fonte solar, em especial de placas fotovoltaicas, houve a necessidade de estudar e implementar certas mudanças no setor, de forma a adequar o sistema de compensação e distribuição (KONZEN; ANDRADE, 2016; ROCHA, 2022; SCHROER, 2022).

A partir de consultas públicas e debates entre as partes interessadas, foi reconhecida a necessidade de revisar as normas, e então através do projeto de lei 5.829/2019 foi criado o Marco Legal para da microgeração e minigeração distribuída pela Lei n° 14.300, que:

> 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 (BRASIL, 2022).

O estabelecimento do Marco Legal visou principalmente dar segurança ao mercado por meio de uma lei federal, já que todas as resoluções normativas são de responsabilidade exclusiva da ANEEL. É uma iniciativa notável pois coloca o Brasil em uma posição de avanço em relação ao desenvolvimento sustentável, ou seja, constitui um importante passo na transição energética, consolidando e intensificando o campo de energia solar (BRASIL, 2022).

O mercado energético deve sofrer os impactos com as novas mudanças, ainda assim as projeções quanto a estabilidade e segurança a partir da lei, são promissoras. Em resumo, foi sancionada uma lei que estabelece novas regras para geração distribuída no país e que altera pontos importantes da REN 482/2012 e REN 687/2015, referentes à potência instalada, valor da compensação, tarifas, custos, demandas contratadas, entre outros (BRASIL, 2022).

Diante disto, a ANEEL, divulgou em 7 de fevereiro de 2023 a Resolução Normativa nº 1.059, que prevê melhorias nas diretrizes de conexão e faturamento de microgeração e minigeração distribuída (MMGD) baseada nos preceitos da lei 14.300 (ANEEL, 2023). A publicação desta resolução foi motivada pela aprovação da lei 14.300 em 2022, e sendo a mais recente substitui as resoluções anteriores da agência. As novas regras anunciadas são importantes porque incluem a possibilidade de cobrança de tarifas pelo uso da rede de energia elétrica que refletirá em novos valores na fatura dos consumidores.

Por um lado, é possível afirmar que se trata de um grande salto, visto que até mesmo em países mais desenvolvidos onde os programas de desenvolvimento e incentivo ao uso de energia fotovoltaica são maiores, toda energia excedente de sistemas de responsabilidade de pessoas físicas é comprada pela companhia (MACHADO; MIRANDA, 2015). Por outro lado, é importante compreender as mudanças e as evoluções relacionadas a geração de energia e como estas impactam no consumidor.

Em relação a energia fotovoltaica é possível destacar dois pontos significativos, as novas definições para a minigeração distribuída, que influenciam diretamente na potência instalada e consequentemente as novas regras para as tarifas cobradas. Em relação a primeira é possível observar que houve redução da potência instalada, que foi limitado a 3MW para as fontes não despacháveis, como é explicitado no Art. 1° da lei:

> XIII - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica renovável ou de cogeração qualificada que não se classifica como microgeração distribuída e que possua potência instalada, em corrente alternada, maior que 75 kW (setenta e cinco quilowatts), menor ou igual a 5 MW (cinco megawatts) para as fontes despacháveis e menor ou igual a 3 MW (três megawatts) para as fontes não despacháveis, conforme regulamentação da Aneel, conectada na rede de distribuição de energia elétrica por meio de instalações de unidades consumidoras; (BRASIL, 2022).

Este fato está diretamente relacionado as energias fotovoltaicas porque estas são, em grande parte, fontes não despacháveis de energia. O marco legal considera fontes não despacháveis as fontes que dependem de fatores que não podem ser controlados ou programados, como é o caso das placas fotovoltaicas que dependem da incidência da radiação solar (BRASIL, 2022).

Já em relação as fontes despacháveis não houve alteração na legislação. Estas fontes são àquelas que podem ser controladas para suprir a demanda energética em

um determinado momento, como as hidrelétricas, de biomassa e em exceção, as fotovoltaicas com capacidade de armazenamento.

> IX - fontes despacháveis: as hidrelétricas, incluídas aquelas a fio d'água que possuam viabilidade de controle variável de sua geração de energia, cogeração qualificada, biomassa, biogás e fontes de geração fotovoltaica, limitadas, nesse caso, a 3 MW (três megawatts) de potência instalada, com baterias cujos montantes de energia despachada aos consumidores finais apresentam capacidade de modulação de geração por meio do armazenamento de energia em baterias, em quantidade de, pelo menos, 20% (vinte por cento) da capacidade de geração mensal da central geradora que podem ser despachados por meio de um controlador local ou remoto;

É importante observar que os geradores/consumidores que não possuem capacidade de armazenamento estão sujeitos a um limite de potência, pois se enquadram na categoria fontes não despacháveis (ROCHA, 2022; SCHROER, 2022).

Vale destacar que a lei entrou em vigor na data de sua publicação, no entanto foram previstos prazos para que os consumidores/geradores adequassem seus sistemas e implementassem as novas mudanças previstas nela. Os mesmos prazos foram concedidos para ANEEL para atualizar suas regulamentações, o que foi realizado por meio da Resolução 1.059 supracitada.

Foi determinado um período de transição que permitiu que aos microgeradores e minigeradores existentes no momento ou que aqueles que protocolassem a solicitação de aceso até 12 meses após a sua divulgação (até seis de janeiro de 2023) se enquadrassem no sistema de compensação de energia previsto pela REN 482 até 2045. E após este período os novos sistemas ficariam sujeitos às novas regras tarifárias (BRASIL, 2022).

Nesse hiato, foi definido ainda que os protocolos realizados entre 13 meses e 18 meses a partir da publicação da lei, ou seja de janeiro a julho de 2023, terão a aplicação do regime tarifário apenas em 2031. Após julho de 2023, o período de transição será de 6 anos, ou seja, a partir de 2029 (FIG. 5) (BRASIL, 2022).

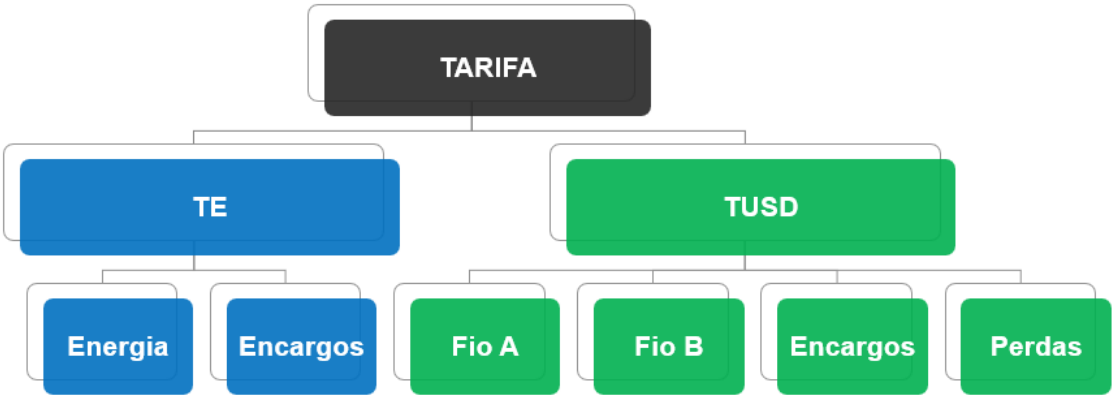
Figura 5 – Período para aplicação das novas regras após a publicação da lei

Fonte: Elaborada pelos autores (2023)

O período de transição permite que os indivíduos e organizações afetados pela nova legislação tenham tempo para se adaptar às novas mudanças e implementar as medidas necessárias para cumprir com os novos requisitos. Deste modo, a etapa de transição foi vista como um impulso para adoção da tecnologia fotovoltaica, na qual serão desenvolvidos projetos visando os protocolos inseridos nas regras anteriores, ou seja, a gratuidade da cobrança de tarifas. Este período foi anunciado pelos especialistas como a “corrida do ouro” (MONTENEGRO, 2022).

Isto posto, é importante destacar que a tarifa de eletricidade no Brasil é composta de Tarifa de Energia (TE) e Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD), onde cada componente representa uma porcentagem em peso na fatura final, que depende da concessionária, dos equipamentos, dos impostos de cada região, entre outros fatores (MARQUES, 2023). A composição da tarifa pode ser ilustrada na como a FIG.6.

Figura 6 – Composição da tarifa de energia



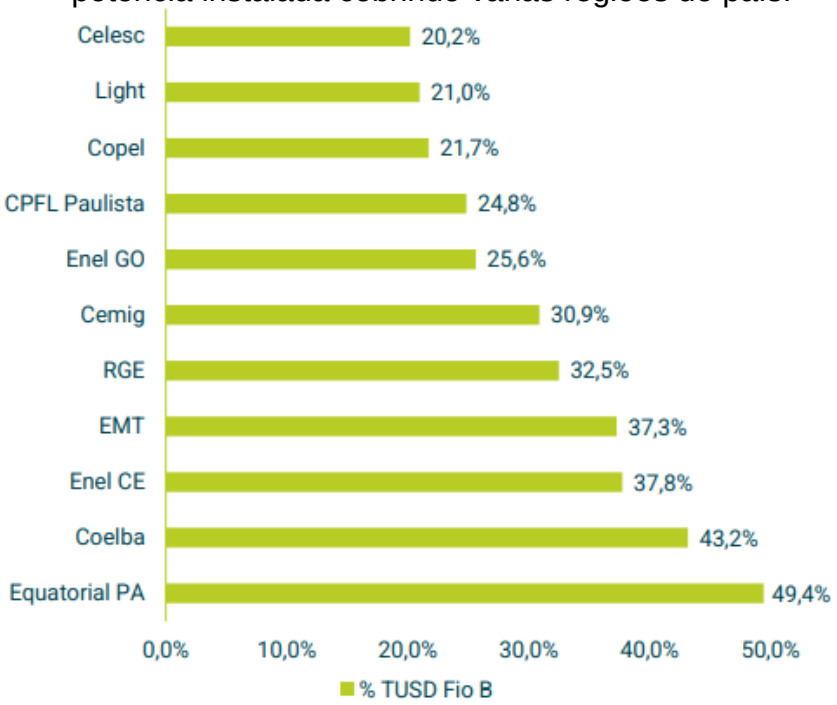
Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

A TUSD se refere aos custos de utilização da rede e a TE ao custo de energia. Desta forma, os novos sistemas (protocolados após seis de janeiro de 2023) passarão a ter uma compensação parcial, de forma que o faturamento se dará a partir da cobrança gradual da TUSD fio B, que corresponde aproximadamente a 28% em média da fatura de energia. Conforme previsto no Art. 27:

> Art. 27. O faturamento de energia das unidades participantes do SCEE não abrangidas pelo art. 26 desta Lei deve considerar a incidência sobre toda a energia elétrica ativa compensada dos seguintes percentuais das componentes tarifárias relativas à remuneração dos ativos do serviço de distribuição, à quota de reintegração regulatória (depreciação) dos ativos de distribuição e ao custo de operação e manutenção do serviço de distribuição:
> I - 15% (quinze por cento) a partir de 2023;
> II - 30% (trinta por cento) a partir de 2024;
> III - 45% (quarenta e cinco por cento) a partir de 2025;
> IV - 60% (sessenta por cento) a partir de 2026;
> V - 75% (setenta e cinco por cento) a partir de 2027;
> VI - 90% (noventa por cento) a partir de 2028;
> VII - a regra disposta no art. 17 desta Lei a partir de 2029.

É importante definir que as tarifas referentes ao fio A estão vinculadas aos custos de preservação e funcionamento das linhas de transmissão de energia e as tarifas do fio B são referentes aos custos do uso da infraestrutura da rede, isto é, valores associados a distribuição da concessionária até as residências. O valor do fio B é determinado em função da quantidade de consumidores atendidos na região de concessão e varia de acordo com a concessionária (FIG. 7) (MARQUES, 2023).

Figura 7 – Peso da TUSD fio B na tarifa de eletricidade em distribuidoras com maior potência instalada cobrindo várias regiões do país.



Fonte: Greener, 2023.

Vale frisar que a cobrança do fio B não afetará na quantidade de energia gerada/consumida pelo MMGD, pois a energia produzida e consumida instantaneamente não será taxada. Além disso, para analisar a viabilidade econômica e os impactos da MMDG é necessária a análise minuciosa do sistema utilizado, modelo de negócio, perfil de consumo e área de concessão (MELCOP; PIMENTEL, 2023).

Superficialmente, é provável que as mudanças propostas na lei correspondam a alternativas eficientes no setor energético, pois minimizam a insatisfação por parte das distribuidoras, que na prática tinham custos não considerados para a compensação de energia injetada na rede e asseguram novos investimentos, os quais estão amparados legalmente (BRAGA; CARVALHO; LIMA, 2022; MENEZES, 2022). A Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR)[4] estimou um aumento no investimento em sistemas fotovoltaicos tanto para os MMGD quanto para grandes usinas, após a publicação da lei.

[4] Disponível em: https://www.absolar.org.br/

Marques (2023) fez uma análise simulando o impacto da cobrança do fio B na tarifa de energia de um cliente residencial em dois estados, em São Paulo o percentual da cobrança TUSD fio B sobre a tarifa é de 18% e no Pará de 50%. Estes percentuais estão associados à área de concessão e à quantidade de unidades consumidoras de cada região. Por este ângulo, o autor faz uma crítica em relação aos valores altos nas regiões em que a quantidades de consumidores é menor e indica inconsistência no discurso da disseminação da energia limpa nestas regiões.

Em Minas Gerais, considerando a isenção de impostos sobre a tarifa de energia, é possível exemplificar e comparar cobrança do fio B em um cliente residencial (B1). O valor da TUSD fio B da Cemig para o grupo residencial é de 0,24038kWh[5] e as tarifas de geração distribuída estão apresentadas na tabela 1. Em média a tarifa corresponde ao valor de 0,80kWh.

Tabela 1- Tarifas do grupo B sem impostos

B1 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA - RESIDENCIAL NORMAL (CONSUMO R$/KWH)	Bandeira verde	Bandeira amarela	Bandeira vermelha 1	Bandeira vermelha 2
Residencial Normal (Consumo R$/kWh)	0,74906	0,778950	0,814060	0,847010

Fonte: Cemig, 2023.

Levando em consideração o aumento percentual da cobrança do fio B em um cliente residencial em Minas Gerais, pode-se calcular como será a cobrança gradual da componente TUSD fio B em um cliente hipotético, a partir dos valores da TUSD fio B da tabela 2.

Tabela 2 – Cobrança percentual sobre TUSD fio B em Minas Gerais

	2023 (15%)	2024 (30%)	2025 (45%)	2026 (60%)	2027 (75%)	2028 (90%)
Consumo R$/kWh	0,036	0,072	0,11	0,14	0,18	0,22

Fonte: Elaborada pelos autores, 2023.

Com base nas tarifas apresentadas acima, o custo de um cliente residencial que consome 500 kWh, em reais corresponderia a R$400,00 (500kWh * R$ 0,80 = R$ 400,00). Ao ponderar um novo sistema fotovoltaico de energia que gera (650 kW/h),

[5] Disponível em: https://portalrelatorios.aneel.gov.br/luznatarifa/basestarifas#!

e possível calcular o valor a ser pago referente a cobrança do fio B, correspondente a energia injetada na rede de 150 kWh, a cada ano (Tabela 3).

Tabela 3 - Cálculo do valor da cobrança do Fio B

Ano de referência	Valor da energia injetada * Fio B	Valor referente a cobrança do fio B
2023	(150 kWh * 0,036)	R$ 5,40
2024	(150 kWh * 0,072)	R$10,80
2025	(150 kWh * 0,11)	R$ 16,50
2026	(150 kWh * 0,14)	R$21,00
2027	(150 kWh * 0,18)	R$ 27,00
2028	(150 kWh * 0,22)	R$ 33,00
2029	(150 kWh * 0,24)	R$ 36,00

Fonte: Elaborada pelos autores, 2023.

Nestes cálculos foi considerado o fator simultaneidade, no qual a unidade gera e consome energia ao mesmo tempo, sendo possível observar o aumento gradual da cobrança da tarifa ao longo dos anos. Além disso, foram realizados a partir de um valor fixo da tarifa de geração distribuída (R$ 0,80kWh em todos os anos), que pode sofrer variação de acordo com a inflação e custos de produção.

De qualquer forma, o aumento nos valores é um elemento que pode influenciar na tomada de decisão em relação ao investimento fotovoltaico, porque a unidade que não é capaz de maximizar o aproveitamento da energia solar gerada instantemente poderá ter menores benefícios econômicos. Nestes casos é necessário fazer um dimensionamento adequado do sistema utilizado para a otimização e melhor aproveitamento da demanda energética durante os períodos de grande incidência solar (BADRA, 2022; ENERGÊS, 2023; MARQUES, 2023).

Entretanto, à medida que aumentam os incentivos à instalação de sistemas fotovoltaicos e crescem o número de consumidores, a tendência é a de diminuição dos custos. Os subsídios financeiros e incentivos fiscais, por exemplo, podem reduzir os custos iniciais de instalação dos sistemas e desempenhar um papel fundamental em relação a acessibilidade da população. Fato que torna os empreendimentos cada vez mais competitivos (VELOSO; TEIXEIRA; JÚNIOR, 2021).

No que tange aos aspectos políticos de incentivo, o governo já havia lançado em 2015 o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), que previa isenção de impostos como ICMS, PIS/Cofins e PIS/Pasep, além

do estímulo de implementação de geração por fontes renováveis a partir da criação de linhas de créditos bancários para indústrias e investidores (PEREIRA, 2019). Isso devido as boas expectativas em relação a esta fonte desde 2012, governo, investidores e especialistas já tinham ciência dos aspectos ambientais e sociais promissores relativos à geração fotovoltaica.

Neste segmento, é importante ponderar os indicadores financeiros de retorno em um sistema fotovoltaico a partir das alterações na legislação. O *payback* é uma métrica valiosa para a tomada de decisão em relação a viabilidade financeira neste período de transição. Marques (2023) apurou o *payback* de investimento fotovoltaico comparando o cenário atual e futuro também nos dois estados.

O autor apontou que em São Paulo os efeitos da nova lei em relação a tarifa do fio B são mínimos, mesmo diante de um aumento no prazo do retorno. Segundo sua projeção, o investidor que instalar os sistemas fotovoltaicos no início de 2023 terá o retorno em até 58 meses e aqueles que instalarem em 2024, em até 61 meses (período semelhante ao das instalações que se enquadram nas regras anteriores a 2023). Este fato pode ser justificado pelo valor pequeno da cobrança do fio B em relação ao valor total da conta de energia em São Paulo. Já no estado do Pará, onde esta proporção do valor do fio B em relação a tarifa é considerável, o cenário é menos favorável. Mesmo os consumidores operantes em 2023 verão os resultados do investimento nove meses mais tarde (MARQUES, 2023).

Diversos outros estudos foram desenvolvidos no sentido de analisar as condições do mercado após as mudanças da lei. E todos são categóricos ao afirmar que os impactos financeiros negativos e positivos dependem das características no sistema, da concessionária e da região (ABREEN, 2023).

Vale destacar que o fator *payback* leva em conta os custos significativos da instalação dos painéis, mas os cálculos desconsideram os benefícios intangíveis a longo prazo; independentemente da redução nas contas e economia de energia, o investimento em energia solar contribui para a redução nas emissões de gases do efeito estufa (ABREEN, 2022; JAURIS, 2023).

Portanto, apesar dos impactos finais na tarifa de energia e das recentes e plausíveis discussões em torno da temática, do ponto de vista do desenvolvimento sustentável, é possível afirmar que o investimento em energia fotovoltaica se tornou

ainda mais interessante com as novas regras, isto é, são políticas eficientes para incorporação da tecnologia fotovoltaica na matriz energética brasileira.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do desenvolvimento deste trabalho, foi possível destacar o potencial da energia solar fotovoltaica como uma fonte limpa, renovável e inesgotável. A crescente preocupação com impactos ambientais causados pela queima de combustíveis fósseis e a busca por alternativas mais sustentáveis tornaram esta fonte cada vez mais atrativa.

Ao longo da revisão bibliográfica foi possível compreender de forma abrangente os aspectos ambientais, legais, sociais e tecnológicos que permeiam a temática. Os resultados obtidos indicaram que a energia fotovoltaica possui um papel fundamental na transição para um modelo energético mais limpo e diversificado, uma vez que os painéis solares empregados na geração de eletricidade contribuem para a redução das emissões de GEE e consequentemente, com a diminuição da dependência de fontes não renováveis.

Verificou-se que além dos benefícios ambientais, a energia fotovoltaica também apresenta vantagens econômicas e sociais. A perspectiva de redução dos custos de instalação e manutenção dos sistemas, aliadas as melhorias e evoluções dos aspectos legais e ao desenvolvimento de tecnologias que ampliem a eficiência dos painéis solares são fatores que contribuirão para torná-la uma fonte cada vez mais competitiva e acessível.

Além disso, constatou-se a expansão e fortalecimento da geração distribuída de energia após 2012, a partir da criação das Resoluções Normativas da ANEEL. Visto que, a microgeração e minigeração distribuída são modelos que viabilizam a autonomia energética de residências, comunidades e indústrias, as Resoluções foram discutidas e aperfeiçoadas até a instituição do Marco Legal em 6 de janeiro de 2022. Baseando-se nos princípios legais, a ANEEL aprimorou as regras por meio da Resolução Normativa 1.059 em 7 de fevereiro de 2023.

Contudo, apesar dos avanços alcançados, ainda existem aspectos que demandam atenção e desafios a serem superados para a plena adoção da energia fotovoltaica e no período de transição após a publicação da lei. Um exemplo disto é a

viabilidade econômica do investimento a curto e a longo prazo em determinadas localidades, visto que a cobrança do fio B é um custo adicional na tarifa que depende do número de unidades consumidoras sendo diferente em cada região.

Conclui-se que a energia fotovoltaica é uma alternativa promissora e viável para suprir as necessidades energéticas do futuro. É evidente seu potencial de expansão e contribuição para o desenvolvimento sustentável. Para tal, é substancial que se mantenha o compromisso de fortalecer as políticas públicas que fomentam os investimentos, incentivos, e também a conscientização da sociedade como um todo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. *et al*. Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica. **Engenharias On-line**, v. 1, n. 2, p. 21-33, 2015.

ALVES, M. de O. L. **Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). João Molevade. 76p. 2019.

ANEEL (BRASIL). **Atlas de Energia Elétrica no Brasil**. 3. ed. Brasília: ANEEL, 2008. 236 p. v. único. ISBN 978-85-87491-10-7

ANEEL (Brasil). AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução nº 1.059/2007, de 7 de FEVEREIRO de 2023**. Aprimora as regras para a conexão e o faturamento de centrais de microgeração e minigeração distribuída em sistemas de distribuição de energia elétrica, bem como as regras do Sistema de Compensação de Energia Elétrica; altera as Resoluções Normativas n° 920, de 23 de fevereiro de 2021, 956, de 7 de dezembro de 2021, 1.000, de 7 de dezembro de 2021, 1009, de 22 de março de 2022, e dá outras providências. BRASIL, 2023.

ANEEL (Brasil). AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **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. Brasília, DF, 17 abr. 2012.

ANEEL (Brasil). AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução normativa n° 687, de 17 de novembro de 2015**. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Brasília, DF, 24 nov. 2015.

BADRA, M. Fator de simultaneidade será peça chave para crescimento acelerado da GD. Canal Solar. Campinas 19 de janeiro de 2022. Disponível em: https://canalsolar.com.br/fator-de-simultaneidade-sera-peca-chave-para-crescimento-acelerado-da-gd/. Acesso em: 19 jun. 2023.

BARBOSA FILHO, W. P. *et al*. Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: impactos ambientais e políticas públicas. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, p. 628-642, 2015.

BERMANN, C. Crise ambiental e as energias renováveis. **Ciência e Cultura**, v. 60, n. 3, p. 20-29, 2008.

BRAGA, L.; CARVALHO, J. L.; LIMA, M. V. Sistema fotovoltaicos residênciais: Analise de viabilidade de investimento e alterações na legislação. 2022.

BRASIL. Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 dez. 1996

BRASIL. Lei nº 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, 6 jan. 2022.

BRITO, M. C.;SILVA, J. A. Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em eletricidade. **O Instalador, Portugal**, 2006.

CASTRO, Rui MG. Introdução à energia fotovoltaica. **DEEC/Seção de Energia Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior Técnico**, 2002.

CONAMA (Brasil). Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 001/1986, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986**, DOU, p. 2548-2549, 1986.

CRESESB. **Energia solar**: princípios e aplicações. Rio de Janeiro: CEPEL, 2008. 28 p. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial_solar.pdf. Acesso em: 31 outubro 2019.

ELGAMAL, G.; DEMAJOROVIC, J.; AUGUSTO, E. E. F. Os desafios da implementação da energia fotovoltaica no Brasil: uma análise dos modelos nos principais mercados mundiais. **XVII Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**, 2015.

Equipe Energês. **Título**: Simultaneidade impacta a viabilidade da geração própria?. Energês, 10 de março de 2022. Disponível em: <https://energes.com.br/simultaneidade/>. Acesso em 15 jun. 2023.

GUERRA, S. M.; CARVALHO, A. V. de. Um paralelo entre os impactos das usinas hidrelétricas e termoelétricas. **Revista de administração de empresas**, v. 35, p. 83-90, 1995.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. **Química nova**, v. 32, p. 582-587, 2009.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energias renováveis: um futuro sustentável. **Revista Usp**, n. 72, p. 6-15, 2007.

GREENER. Análise do Marco Legal da Geração Distribuída | Lei 14.300 Atualização 2023. Disponível em: https://www.greener.com.br/estudo/analise-do-marco-legal-2023/. Acesso em: 01 de jun. 2023.

GUARDABASSI, P. M. Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia: perspectivas para países em desenvolvimento. **Universidade de São Paulo (Dissertação). São Paulo**, 2006.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L. **Energia e Meio Ambiente**. 4ª. Ed. Flávio Maron Vichi, Trad. Cengage Learning, São Paulo, 2010.

IGNACIO, J. ECO-92: o que foi a conferência e quais foram seus principais resultados?. **Politize!**. 2020. Disponível em: https://www.politize.com.br/eco-92/. Acesso em: 05 de jun. de 2023.

IPCC, 2019: Resumo para formuladores de políticas. **In**: *Mudanças Climáticas e Terra: um relatório especial do IPCC sobre mudança climática, desertificação, degradação da terra, manejo sustentável da terra, segurança alimentar e fluxos de gases de efeito estufa em ecossistemas terrestres [PR Shukla, J. Skea, E. Calvo* Buendia, V. Masson -Delmotte, H.- O. Pörtner, DC Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. Disponível em: https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/summary-for-policymakers/. Acesso em: 02 abr. 2023.

JAURIS, G. C. Energia solar fotovoltaica: estudo de viabilidade financeira de um sistema para atendimento de uma unidade consumido residencial. 2023.

JÚNIOR, A. M. *et al*. Vantagens e desvantagens da energia hidráulica. **Acta Iguazu**, v. 2, n. 4, p. 20-28, 2013.

KONZEN, G.; DE ANDRADE, G.N. O efeito de uma tarifa binômia no retorno financeiro da microgeração fotovoltaica. In: **Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS**. 2016. p. 1-7.

LEAL, M. R. L. V. O potencial de aproveitamento da energia da biomassa. **Inovação Uniemp**, v. 1, n. 3, p. 40-41, 2005.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista virtual de química**, v. 7, n. 1, p. 126-143, 2015.

MALHEIROS, T. F.; PHLIPPI JR, A.; COUTINHO, S. M. V. Agenda 21 nacional e indicadores de desenvolvimento sustentável: contexto brasileiro. **Saúde e Sociedade** , v. 17, p. 7-20, 2008.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª ed., São Paulo: Atlas, 2003. 310p.

MARQUES, R. **Entendendo a Tarifação do Fio B previsto na Lei 14.300.** Canal Solar, 24 dez 2022. Disponível em: https://canalsolar.com.br/tarifacao-do-fio-b-previsto-na-lei-14-300/. Acesso em: 05 mai. 2023.

MARTINS, F. R. *et al*. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São Paulo: INPE, 2017.80p.

MAUAD, F. F.; FERREIRA, L. C.; TRINDADE, T. C. G. Energia renovável no Brasil. **Análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras**, v. 740, 2017.

MELCOP, L.; PIMENTEL, L. C. Investidores devem se atentar às alterações nos procedimentos de conexão e nas regras de faturamento dos empreendimentos de Geração Distribuída. *In*: **Regulamentação da Lei nº 14.300/2022 pela ANEEL: quais as principais alterações?**. [*S. l.*], 9 mar. 2023. Disponível em:

https://www.greener.com.br/greener_artigos/regulamentacao-da-lei-no-14-300-2022-pela-aneel-quais-as-principais-alteracoes/. Acesso em: 12 abr. 2023.

MENEZES, M. P. **Impactos da lei 14.300 na viabilidade de usinas de micro e minigeração fotovoltaica: estudo de caso no Ceará**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Fortaleza. 56 p. 2022.

MONTENEGRO, S.; Marco Legal da GD Dispara “Corrida do Ouro” em 2022 (CanalEnergia). ABREEN, 2022. Disponível em: https://abren.org.br/2022/02/16/marco-legal-da-gd-dispara-corrida-do-ouro-em-2022/. Acesso em: 30 mai. 2023.

MOREIRA, C. E. S.; CARDOSO, A. M. Fontes alternativas de energia renovável, que possibilitam a prevenção do meio ambiente. **Bolsista de Valor**, v. 1, p. 397-402, 2010.

NASCIMENTO, T. C.; MENDONÇA, A.T. B. B. de; CUNHA, S. K. da. Inovação e sustentabilidade na produção de energia: o caso do sistema setorial de energia eólica no Brasil. **Cadernos EBAPE. BR**, v. 10, p. 630-651, 2012.

NETO, P. B. L. *et al*. Exploração de energia maremotriz para geração de eletricidade: aspectos básicos e principais tendências. **Ingeniare. Revista chilena de ingeniería**, v. 19, n. 2, p. 219-232, 2011.

NOGUEIRA, L. A. H.; CARDOSO, R. B. Perspectivas da Matriz Energética mundial e no Brasil. **O Setor Elétrico**, v. 1, p. 32-43, 2007.

OLIVEIRA, G.R. D.; VILARINHO, M. E. A.; MARQUES, E. M. Energias limpas e renováveis como vantagem competitiva na gestão das organizações. **Revista Científica Mais Pontal**, v. 2, n. 1, p. 1-13, 2023.

PEREIRA, N. X. **Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil**: geração distribuída vs geração centralizada. 2019.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: http://doi.org/10.34024/978851700089. Acesso em 10 de abr. 2023

PORTAL SOLAR. Célula fotovoltaica: tudo o que você precisa saber. Disponível em: https://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html. Acesso em 03 de mai. 2023.

DE QUEIROZ, R. *et al*. Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais. **Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, p. 2774-2784, 2013.

ROCHA, S. R. E. **ANÁLISE DAS MODIFICAÇÕES DOS INSTRUMENTOS REGULATÓRIOS ASSOCIADOS A LEI Nº 14.300 E SEUS IMPACTOS NO MERCADO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA**. Orientador: Raphael Amaral da

Câmara. 2022. 52 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

SANTOS, G. H. F.; NASCIMENTO, R. S. DO; ALVES, G. M. Biomassa como energia renovável no Brasil. **Uningá Review**, v. 29, n. 2, 2017.

SAMPAIO, Matheus Francisco do. **Impacto das alternativas da ANEEL para o sistema de compensação das microgerações e minigerações distribuídas de energia elétrica**. Orientadora: Raphael Amaral 2021. 69 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica, Centro de tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/62066. Acesso em: 1 abr. 2022.

SANTOS, G. H. F.; .NASCIMENTO, R. S. do; ALVES, G. M. Biomassa como energia renovável no Brasil. **Uningá Review**, v. 29, n. 2, 2017.

SIMAS, M.; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. **Estudos avançados**, v. 27, p. 99-116, 2013.

SCHOROER, T. **ESTUDO DA LEI 14.300 E O IMPACTO FINANCEIRO AOS PROSUMIDORES RURAIS CONSIDERANDO UMA DISTRIBUIDORA NA REGIÃO SUL**. Orientador: Gladis Bordin. 2022. 105 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

SCHUTZ, F.; MASSUQUETTI, A.; ALVES, T. W. Demanda e oferta energética: uma perspectiva mundial e nacional para o etanol. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 3167-3186, 2013.

TOLMASQUIM, M. Plano Nacional de energia 2030. **Conselho Nacional de Política Energética-CNPE, Brasília, Brasil**, v. 1, n. 10, 2007.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos estudos CEBRAP**, p. 47-69, 2007.

VELOSO, C. K. P. R.; TEIXEIRA, W. C.; JÚNIOR, D. C. da S. Energia Fotovoltaica: legislação e incentivos pelo mundo e como impactam o Brasil. **Caderno de Estudos em Engenharia Elétrica**, v. 3, n. 1, 2021.