

Revista de
**Direito Econômico e
Socioambiental**

ISSN 2179-8214

Licenciado sob uma Licença Creative Commons



REVISTA DE DIREITO ECONÔMICO E SOCIOAMBIENTAL

vol. 14 | n. 1 | janeiro/abril 2023 | ISSN 2179-8214

Periodicidade quadrimestral | www.pucpr.br/direitoeconomico

Curitiba | Programa de Pós-Graduação em Direito da PUCPR



Repercussão jurídica e sustentável do uso de energia solar fotovoltaica em propriedades rurais

Legal and sustainable impact of the use of solar photovoltaic energy on rural properties

Flávio Garcia Cabral*

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO (Rio de Janeiro-RJ, Brasil)

Centro Universitário Unigran-Capital (Campo Grande-MS, Brasil)

flaviocabral_@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8128-314X>

Abner da Silva Jaques**

Universidade Presbiteriana Mackenzie (São Paulo-SP, Brasil)

abnersjaques90@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0737-0974>

Como citar este artigo/*How to cite this article*: CABRAL, Flávio Garcia. JAQUES, Abner da Silva. VASQUES, Rafael Luís Correa. Repercussão jurídica e sustentável do uso de energia solar fotovoltaica em propriedades rurais. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v. 14, n. 1, e238, jan./abr. 2023. doi: 10.7213/revdireconsoc.v14i1.30124

* Professor do Mestrado em Direito e Políticas Públicas pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO (Rio de Janeiro-RJ, Brasil). Professor de Direito Administrativo do Centro Universitário Unigran-Capital e INSTED (Campo Grande-MS, Brasil). Pós-doutorado pela PUCPR. Doutor e Especialista em Direito Administrativo pela PUC-SP. Procurador da Fazenda Nacional.

** Doutorando em Direito Político e Econômico pelo Programa de Pós-Graduação em Direito Político e Econômico da Universidade Presbiteriana Mackenzie (São Paulo-SP, Brasil). Mestre em Direito pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS. Pós-graduado em Direito Tributário, pelo Instituto Brasileiro de Estudos Tributários – IBET. Pós-graduado em Direito ambiental, agrário e Urbanístico pela Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC, em parceria com o Conselho Federal da Ordem dos Advogados do Brasil CF/OAB. Graduação em Direito pela Universidade Católica Dom Bosco - UCDB. Professor do Centro Universitário Unigran-Capital (Campo Grande-MS, Brasil). Presidente da Federação Nacional de Pós-Graduandos em Direito (FEPODI). Representante discente do Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito (CONPEDI). Diretor Tesoureiro da Escola Superior da Advocacia de Mato Grosso do Sul (ESA/MS).

Rafael Luís Correa Vasques***

Ordem dos Advogados do Brasil, Seccional de Mato Grosso do Sul

(Campo Grande-MS, Brasil)

rafael@jaquesevasques.com

<https://orcid.org/0000-0003-3351-4860>

Recebido: 28/02/2023

Aprovado: 17/09/2023

Received: 02/28/2023

Approved: 09/17/2023

Resumo

A busca por fontes sustentáveis de energia tem ampliado o diálogo interdisciplinar sobre a importância de se encontrar alternativas para um futuro comum. Nessa perspectiva, o artigo objetiva analisar os impactos jurídicos e socioambientais da utilização da energia solar fotovoltaica em propriedades rurais brasileiras. A problemática está relacionada à intenção de identificar quais as possibilidades e os obstáculos do emprego de tal matriz energética, especialmente no que se refere à correta destinação do descarte de painéis solares – aspecto que ainda padece de regulação adequada. A pesquisa utiliza do método dedutivo, com base em abordagens bibliográficas e documentais, visando à construção de um estudo exploratório e descritivo. A conclusão indica que, atualmente, não há uma regulamentação adequada no que diz respeito aos resíduos sólidos gerados pela produção da energia, o que pode fazer com que uma solução que a princípio se revela interessante e promissora acabe por gerar grandes impactos negativos no longo prazo. Desse modo, é importante pensar em formas de atender às necessidades geracionais na prática dita com sustentável.

Palavras-chave: energia solar fotovoltaica; propriedades rurais; descarte de resíduos sólidos; impactos ambientais; sustentabilidade.

Abstract

The search for sustainable energy sources has expanded the interdisciplinary dialogue on the importance of seeking alternatives for a common future. From this perspective, this article aims to analyze the legal and socio-environmental impacts of the use of photovoltaic solar energy in Brazilian rural properties. The issue is related to the intention to identify the possibilities and obstacles to the use of such an energy matrix, especially with regard to the correct destination for the disposal of solar panels – an aspect that still suffers from adequate

*** Membro da Comissão de Inventivo à Produção Científica e Jurídica da Ordem dos Advogados do Brasil, Seccional de Mato Grosso do Sul – OAB/MS (Campo Grande-MS, Brasil). Membro do Conselho Estadual de Juventude, do Estado de Mato Grosso do Sul. Graduado em Direito na Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

regulation. The research uses the deductive method, based on bibliographical and documental approaches, aiming at the construction of an exploratory and descriptive study. The conclusion indicates that, currently, there is no adequate regulation with regard to solid waste generated by energy production, which can make a solution that at first turns out to be interesting and promising, ends up generating major negative impacts in the long run. Thus, it is important to think of ways to meet generational needs in the so-called sustainable practice.

Keywords: *photovoltaic solar energy; rural properties; solid waste disposal; environmental impacts; sustainability.*

Sumário

1. Introdução. 2. Energia elétrica: premissas e conceitos importantes. 2.1. Formas de geração de energia elétrica. 2.2. Geração de energia solar fotovoltaica. 3. Regulamentação do setor de energia elétrica no Brasil. 3.1. Ambiente de contratação regulada. 3.2. Ambiente de contratação livre. 4. Geração de energia solar fotovoltaica em propriedades rurais: viabilidade, acesso e desafios à sustentabilidade. 4.1. Uma solução sustentável ou aumento dos impactos ambientais? 5. Conclusão. Referências.

1. Introdução

No Brasil, a despeito da utilização de fontes não renováveis de energia ainda ser predominante, as matrizes energéticas renováveis já representam 44,8% do total nacional (EPE, 2022). Entretanto, um olhar atento às necessidades atuais revela uma demanda pela utilização de fontes energéticas limpas em escala ainda maior, na intenção de impactar o meio ambiente na menor medida possível e mitigar danos ambientais.

O anseio por fontes sustentáveis de produção de energia vai ao encontro dos objetivos traçados pelo Constituinte de 1988, que buscou estabelecer, em seu artigo 225, o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, de titularidade de todos¹ e alçado, inclusive, à categoria de direito fundamental (BRASIL, CRFB, 1988).

Esse tratamento protetivo pode ser considerado uma inovação – tendo em vista que nas Constituições anteriores o direito ao meio ambiente sadio e equilibrado era tratado apenas de maneira esparsa –, que deixa

¹ Nesse sentido, aponta-se que a doutrina inclusive vem reconhecendo que o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado possui titularidade simultaneamente individual e transindividual (HACHEM, 2013).

evidente uma preocupação com a dignidade humana e permite inferir que o Direito Ambiental é importante à manutenção da vida com dignidade.

Nessa linha, a energia solar fotovoltaica se apresenta como uma matriz energética promissora, na medida em que é produzida de forma razoavelmente simples e que dispensa o consumo de combustíveis fósseis – ponto bastante positivo quando o assunto é preservação do meio ambiente. Trata-se, portanto, de matriz energética autônoma, inesgotável e renovável, oferecendo grande confiabilidade.

Ainda, percebe-se que a energia solar fotovoltaica é um modelo bastante viável para diversas regiões brasileiras dotadas de elevada taxa de incidência solar, e que por sua facilidade de instalação oportuniza que até mesmo áreas afastadas – como propriedades rurais – se beneficiem da produção elétrica. Contudo, apesar das vantagens que de plano se apresentam, o emprego da energia solar esbarra em desafios de ordem prática, tanto em relação aos custos de implantação de tal matriz energética (ainda elevados quando se fala em produção em larga escala), quanto no que se refere à incipiente regulação do procedimento de descarte de painéis solares.

Nessa perspectiva, o presente trabalho tem por finalidade analisar os impactos jurídicos e socioambientais da utilização da energia solar fotovoltaica em propriedades rurais brasileiras. Desse modo, a problemática está relacionada à identificação de quais as possibilidades e os obstáculos do emprego de tal matriz energética, especialmente no que se refere à correta destinação do descarte de painéis solares – aspecto que ainda padece de regulação adequada. O método utilizado será o dedutivo, com base em pesquisas bibliográficas e documentais, visando à construção de um estudo exploratório e descritivo.

No primeiro item, serão tecidas considerações acerca da compreensão de energia elétrica, com a intenção de expor premissas e delimitar conceitos importantes. Ademais, no segundo item, abordar-se-á acerca da regulamentação do setor energético no Brasil – especialmente no que se refere aos ambientes de contratação regulada e livre – e esmiuçados os aspectos relativos ao acesso e viabilidade do modelo geracional solar. Por fim, no terceiro item, serão expostos os principais pontos de tensão relacionados ao uso da energia solar fotovoltaica, com a devida indicação de propostas para o problema do descarte de resíduos sólidos derivados do processo geracional.

2. Energia elétrica: premissas e conceitos importantes

A energia pode ser definida como a “capacidade de produzir transformações mecânicas, físicas, químicas ou biológicas em um sistema” (GOLDEMBERG, 2013, p. 13), se manifestando de diversas formas – nuclear, térmica, química, elástica, mecânica, magnética e elétrica –, e podendo ser produzida a partir de fontes renováveis e não renováveis. A principal forma utilizada é a elétrica, dada sua vasta aplicabilidade.

Justamente por ser parte intrínseca das formas de vida urbana, rural e industrial existentes atualmente, a energia elétrica carrega consigo caráter essencial que dificilmente será superado. Entretanto, essa necessidade permanente não implica na obrigatoriedade de que seja sempre produzida da mesma forma; muito pelo contrário.

A demanda por novas maneiras de produção de eletricidade a partir de fontes limpas é cada vez mais urgente, seja como forma de diminuição de impactos ambientais, seja com vistas a evitar grandes problemas em potencial – especialmente relacionados à exaustão das reservas energéticas, à segurança no abastecimento e, principalmente, à esgotabilidade dos recursos naturais e aos impactos ambientais.

Imperiosa, portanto, uma incursão a respeito das diversas formas de geração de energia elétrica, bem como a realização de análise aprofundada especialmente acerca da matriz solar fotovoltaica.

2.1. Formas de geração de energia elétrica

Pensando inicialmente nas matrizes energéticas não renováveis, caracterizadas por constituírem reservas finitas que, uma vez esgotadas, não são passíveis de regeneração (tendo em vista o longo tempo demandado para sua formação natural), observa-se os combustíveis fósseis (como o carvão mineral, o gás natural e o petróleo) e a energia nuclear. Essas fontes de geração de energia são causadoras de considerável poluição (BURLE FILHO; MEIRELLES, 2020) para o meio ambiente, o que faz com que não sejam as melhores escolhas em termos de sustentabilidade.

Historicamente, o carvão pode ser considerado o primeiro combustível empregado na geração de eletricidade, dada sua ampla utilização durante a Primeira Revolução Industrial (BURLE FILHO; MEIRELLES, 2020). Conforme pontuado, essa fonte energética é considerada um

combustível fóssil, por ter sido formada por um processo natural que durou milhares de anos e é presente em quantidade limitada.

Em termos de utilização, o carvão foi em grande medida substituído pelo petróleo, mas o problema criado pelo uso desses meios geracionais é semelhante: a poluição atmosférica derivada do processo de queima de combustíveis fósseis, o que agrava problemas ambientais como o aquecimento global e o aumento do buraco da camada de ozônio²

Também é possível falar em geração de energia a partir do gás natural, que, quando queimado em usinas termelétricas, gera vapor suficiente para movimentar turbinas que são ligadas aos geradores. Em termos químicos, é considerado gás natural “todo hidrocarboneto extraído diretamente a partir de reservatórios petrolíferos ou gasíferos” (ANP, 2013). Em outras palavras, o gás natural basicamente consiste em uma mistura de hidrocarbonetos gasosos, provenientes da decomposição de matéria orgânica ao longo dos anos. A utilização dessa modalidade geracional foi iniciada na década de 1940 e continua sendo ampliada, dado o grande potencial de rendimento do gás natural enquanto combustível (SIRVINSKAS, 2018).

O petróleo, igualmente composto por hidrocarbonetos gerados a partir da decomposição da matéria orgânica em ausência de oxigênio, produz energia a partir de sua queima, que movimenta turbinas. Durante várias décadas o petróleo foi a principal fonte energética mundial e ainda é responsável pela geração elétrica de vários países (SIRVINSKAS, 2018).

A energia nuclear, por sua vez, é gerada pelo emprego de urânio, de maneira bastante semelhante ao que ocorre nas usinas termelétricas: os geradores são acionados pela queima do combustível. No Brasil, a energia nuclear começou a ser utilizada em 1972, com a construção da usina Angra I, e ampliada em 1976, com a usina Angra II. O principal problema dessa matriz energética é o descarte, tendo em vista que os resíduos produzidos são radioativos e demandam atenção especial no momento da sua eliminação (SIRVINSKAS, 2018).

Em outra via, é possível encontrar as fontes renováveis, assim nomeadas em razão de sua rápida reposição (de maneira espontânea ou por

² Acerca do assunto, é elementar destacar as ponderações de Sirvinskas (2018, 118): “As fuligens emitidas pelos escapamentos de veículos automotores, usinas termoelétricas e queimadas florestais respondem por cerca de um terço do aquecimento global. Estudos demonstraram a necessidade de controlar o chamado carbono negro – fruto de qualquer processo de combustão completa ou incompleta. Mark Jacobson, engenheiro ambiental da Universidade de Stanford (EUA), disse que o controle do carbono negro pode frear o aquecimento global até duas vezes mais rápido do que a redução de gás carbônico”.

meio da intervenção humana), e consideradas limpas por impactarem a natureza em proporções pequenas. São consideradas renováveis: a energia hidrelétrica, a biomassa, a eólica, a geotérmica, a maremotriz e a solar (SIRVINSKAS, 2018).

Sendo a água um recurso natural abundante no planeta, o uso de sua força para a geração de energia é bastante comum. A energia é gerada pela utilização da queda d'água de rios já existentes, o que faz com que, justamente por conta das grandes reservas hídricas existentes em território nacional, o sistema elétrico brasileiro seja dotado de considerável flexibilidade e capacidade (ABREU *et. al.*, 2008).

Em relação aos principais pontos negativos dessa forma de geração de energia, aponta-se para os custos ambientais (como o desmatamento da área utilizada, a construção de barragens, o alagamento da flora e a dispersão da fauna) e sociais (como a necessidade de realojamento de populações que residem nas margens dos rios) causados pela implantação das usinas hidrelétricas (ABREU *et. al.*, 2008).

Por seu turno, a biomassa consiste em reserva energética formada principalmente por matéria orgânica de origem animal e vegetal – como lenha, bagaço de cana-de-açúcar, folhas de árvores, galhos e papelão –, capaz de gerar energia a partir de sua queima. Inclusive, nota-se que a biomassa é o principal elemento de outras fontes de energia e combustíveis, como é o caso do biogás, do biodiesel e do bio-óleo.

A energia eólica também pode ser classificada como renovável, e consiste na geração elétrica pelo vento, que movimenta as hélices das turbinas eólicas e transforma a energia cinética do ar em elétrica (FIORILLO, 2010). É bem verdade que há dependência da velocidade do vento – fator que é variável conforme a estação do ano – mas a localização brasileira permite taxa segura de previsibilidade de recebimento. Em relação aos aspectos desafiadores, para a instalação dessa matriz energética é necessária uma área relativamente grande, devido ao tamanho das hélices e da quantidade mínima de turbinas necessárias para uma geração satisfatória (SIRVINSKAS, 2018).

Ainda, há que se apontar para a existência da energia geotérmica, que utiliza o calor já existente no interior do planeta para gerar energia elétrica. Trata-se de modelo bastante natural de obtenção de energia, na medida em que é necessária apenas a perfuração de poços para alcançar as fontes de vapor (SIRVINSKAS, 2018).

É possível, também, obter energia pelo aproveitamento de marés, correntes marítimas e ondas. Nesse caso, a eletricidade é gerada pela conversão da energia cinética obtida pela movimentação das ondas. A energia maremotriz é modelo promissor e que ainda está em desenvolvimento, tendo em vista seu grande potencial geracional (BURLE FILHO; MEIRELLES, 2020).

Finalmente, observa-se a energia solar, objeto de estudo mais detido do presente trabalho, tendo em vista ser uma matriz energética em expansão, com grandes vantagens em potencial e que, bem por isso, demanda análise cuidadosa.

2.2. Geração de energia solar fotovoltaica

Dada a ampla gama de possibilidades dentro do setor de energias limpas, que conta com vários modelos, é fundamental que exista uma preocupação cada vez maior com a diversificação das matrizes energéticas, a fim de proporcionar a produção de energia sem causar impactos significativos ao meio ambiente (SIRVINSKAS, 2018).

Especificamente em relação à energia solar, de plano se faz necessária sua conceituação. Nas palavras de Paulo Affonso Leme Machado (2013, p. 1.014), ela consiste na:

Energia proveniente do Sol através de sua radiação, diretamente através da atmosfera. Na Terra, ela está na origem do ciclo da água, do vento e da fotossíntese realizada pelo reino vegetal, da qual depende o reino animal, através das cadeias alimentares. A energia solar, portanto, está na origem de todas as energias existentes na Terra, à exceção da energia nuclear, da geotermia e da energia das marés. O homem utiliza a energia solar para transformá-la em outras formas de energia: energia alimentar, energia cinética, energia térmica, eletricidade ou biomassa.

Assim sendo, conforme a própria nomenclatura permite inferir, a energia solar fotovoltaica tem como combustível a luz do sol, que alcança a atmosfera por meio de ondas eletromagnéticas. Parte dessa radiação é refletida, e a porção não dissipada possui elevado potencial energético, o qual pode ser empregado para geração de energia elétrica.

Atualmente, a energia solar costuma ser apresentada como solução promissora para evitar colapsos energéticos, especialmente por apresentar

sistema de instalação rápido (tendo em conta a praticidade oferecida pelas placas fotovoltaicas, que chegam ao consumidor prontas para a conexão no sistema elétrico) (MACHADO, 2013).

Um ponto importante a ser observado é o fato de que as células fotovoltaicas não são capazes de armazenar a energia, somente estando aptas a realizar a conversão energética com a presença da luz solar. Assim, esse sistema deve ser implantado preferencialmente em regiões dotadas de exposição constante à luz solar, a fim de que a produção seja contínua e abundante – como, por exemplo, grandes propriedades rurais (MACHADO, 2013).

O Brasil possui elevado potencial de geração de energia solar não explorado no “Cinturão Solar, área que vai do Nordeste ao Pantanal, incluindo o norte de Minas Gerais, o sul da Bahia e o norte e o nordeste de São Paulo, sendo certo que diariamente incide entre 4.500 Wh/m² (watt hora por metro quadrado) a 6.300 Wh/m² no país (watt hora por metro quadrado)” (FERREIRA; FIORILLO, 2018, p. 197).

A geração de energia solar pode se dar em larga escala, nas usinas solares fotovoltaicas, ou então pelo emprego de microgeradores³ instalados em propriedades particulares, sejam urbanas ou rurais.

No presente momento, conforme dados divulgados pelo Sistema de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica (SIGA/ANEEL), existem aproximadamente 16.500 matrizes em operação no Brasil⁴, que são capazes de gerar uma quantia equivalente a 7.8 GW (*gigawatts*) (ANEEL, 2023a). A primeira usina solar com capacidade de ser operada em escala comercial foi construída em 2011, no Ceará, com a produção suficiente para o abastecimento de 650 casas (MACHADO, 2013). A Usina Solar Vale S.A. é hoje a maior usina do Brasil, tendo capacidade de

³ Insta apontar que essa modelagem de produção de energia elétrica tem sido utilizada também pela Administração Pública. A Advocacia-Geral da União, por exemplo, adotou a sistemática e conta com uma mini usina fotovoltaica no Edifício Sede II da Advocacia-Geral da União em Brasília. O equipamento, capaz de gerar energia solar para a sede, representa uma iniciativa pioneira de sustentabilidade no setor público. A usina, que produz energia elétrica a partir da absorção de luz solar, tem capacidade de geração de energia de 280,8 kW-pico – o que permitirá uma economia de R\$ 300 mil por ano nas despesas da AGU com energia, além de uma redução de 230 toneladas/ano na emissão dióxido de carbono (CO²), o equivalente ao plantio de 1.848 árvores (AGU, 2019).

⁴ Esses números são relacionados às usinas em operação. Pondera-se que o SIGA/ANEEL também mantém informações atualizadas sobre as usinas em construções que, atualmente, totalizam 122, com capacidade para produzir aproximadamente 5 GW. Para além, já foram autorizadas – mas ainda em fase de construção não iniciada – um total de 1.783 novas usinas, com capacidade para a geração de 77.9 GW (ANEEL, 2023a).

geração de 306 MW (*megawatts*), o que evita anualmente a emissão de 860 mil toneladas de gás carbônico na atmosfera (ANEEL, 2023a).

A utilização de usinas solares apresenta inúmeras vantagens, tais como a não emissão de gases poluentes, uma vida útil relativamente longa (pois duram cerca de 25 anos), a pequena ocupação de espaço e a facilidade de instalação. Porém, as desvantagens desse modelo não podem ser ignoradas, tais como a baixa eficiência em dias nublados ou chuvosos, bem como os altos custos de instalação dos sistemas.

Pensando no proprietário rural, a possibilidade de utilização da energia solar se materializa na microgeração, que consiste basicamente em uma central elétrica com potência instalada menor ou igual a 75 kW (*kilowatts*), consoante indica a Resolução n. 1.059, de 07 de fevereiro de 2023, da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (ANEEL, 2023b).

A microgeração encontra nas propriedades rurais um mercado potencial por conta de sua facilidade de implantação, bem como pelas possibilidades de valorização do imóvel pela instalação de painéis solares e pela diminuição de gastos decorrentes da compra de energia da distribuidora local.

O preço de um painel fotovoltaico varia conforme diversos fatores, mas, em média, uma placa com potencial de geração de 330 *watts* tem seu valor em torno de R\$ 700,00 e toda a instalação de um sistema fotovoltaico residencial pode custar cerca de R\$ 25.000,00 (valor que obviamente flutuará de acordo com a complexidade da instalação e dos fornecedores escolhidos pelo consumidor) (AGÊNCIA BRASIL, 2023).

Contudo, por ser o sol “um bem ambiental estruturado juridicamente no plano constitucional e infraconstitucional” (FERREIRA; FIORILLO, 2018, p. 98), antes mesmo de pensar no acesso e viabilidade da energia solar em propriedades rurais, imperiosa se faz a análise das balizas normativas relacionadas ao uso da energia solar no Brasil.

3. Regulamentação do setor de energia elétrica no Brasil

O Código de Águas de 1934 pode ser considerado o marco inicial da regulamentação do setor de energia elétrica no Brasil, tendo em vista que consolida a maior participação do Poder Público na produção energética, formalizando o começo de um projeto intervencionista de gestão de recursos naturais (BRASIL, 1934).

Decisões que até então eram tomadas apenas a nível estadual e municipal passaram para o âmbito federal, culminando com a criação de planos de concessão e autorização para serviços de geração, transformação, transmissão e distribuição de energia; especialmente hidráulica (SIRVINSKAS, 2018).

Na sequência, o Plano Nacional de Eletrificação de 1946, inspirado no modelo político do nacional-desenvolvimentismo, proporcionou a criação da Eletrobrás como *holding* estatal, empresa que tinha protagonismo no setor de energia, culminando no controle definitivo de todo o setor elétrico a partir da década de 1960 (CORRÊA, 2003).

Na época, a demanda por energia elétrica crescia em ritmo elevado, o que motivou o governo federal a direcionar volume significativo de investimentos para o setor de energias, gerando simultaneamente progressivo endividamento (tendo em vista que os ajustes tarifários não conseguiam acompanhar o processo inflacionário, prejudicando as taxas de remuneração do setor) (CORRÊA, 2003).

Em tal cenário de crise financeira, entre os anos de 1987 e 1989 foi formulado o Plano Nacional de Desestatização, com o auxílio de especialistas e profissionais do setor elétrico. Visando a uma reforma estrutural, a Lei n. 8.987/1995 (que dispõe sobre os regimes de concessão e permissão da prestação de serviços públicos) e a Lei n. 9.074/1995 (vencionada a ditar normas para a outorga e prorrogações de concessões e permissões de serviços públicos) iniciaram verdadeira mudança paradigmática, promovendo privatizações, o livre acesso às redes de transmissão e a competição no que se refere à geração e à distribuição (CÔRREA, 2003).

Assim, em decorrência de alterações constitucionais, legislativas e institucionais empreendidas na década de 1990, o Estado abandonou seu papel anterior de protagonista absoluto do mercado de energia e a ideia de regulação se tornou mais nítida (MOREIRA, 2013), intensificando a previsão do artigo 174 da Constituição Federal no sentido de ser o Estado “agente normativo e regulador da atividade econômica” (BRASIL, CRFB, 1988), se limitando⁵ a exercer funções de fiscalização, incentivo e planejamento. De fato, no Brasil, o papel dos serviços públicos sofreu várias alterações, sobretudo a partir da década de 90, na qual o Estado brasileiro, que sempre

⁵ Veja que essa postura estatal não necessária representa um avanço ou uma conduta positiva. Afinal, como já pontuava Celso Antônio Bandeira de Mello (2006), o Estado é muito pior controlador ou fiscalizador do que é prestador de serviços públicos.

foi encarado como titular e prestador de serviços públicos, passou a sofrer uma mudança no seu foco – fruto da forte influência Norte-Americana e das privatizações. O país passou, então, a mudar o seu protagonismo, saindo de um Estado prestador para um Estado regulador (CABRAL; SARAI, 2023).

Na atual ordem constitucional, consoante indica o artigo 21, inciso XII, alínea “b” da Constituição Federal, compete à União a exploração – direta ou mediante autorização, concessão ou permissão – dos serviços e instalações de energia elétrica (BRASIL, CRFB, 1988).

Em razão da necessidade de regulamentação da matéria em sede infraconstitucional, as principais normativas constam da Lei n. 10.848/2004 (que dispõe especificamente sobre a comercialização de energia elétrica) e do Decreto n. 5.163/2004 (que, além da comercialização, regula o processo de outorga de concessões e autorizações de geração de energia elétrica).

Consolidando a nova postura reguladora do Estado, foi criada pela n. Lei 9.427/1996 a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, autarquia vinculada ao Ministério de Minas e Energia, e que “tem por finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal” (BRASIL, 1996).

Especificamente em relação à energia solar fotovoltaica, o mais importante marco regulatório⁶ atualmente em vigor é a Resolução Normativa n. 1.059/2023 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que revogou a anterior Resolução Normativa n. 482/2012, estabelecendo condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração nos sistemas de distribuição de energia elétrica (ANEEL, 2023b), bem como consolida o sistema de compensação, conhecido internacionalmente como *net metering*, “arranjo no qual a energia ativa injetada na rede por uma unidade distribuidora é cedida à distribuidora e posteriormente compensada com o consumo de energia” (DANTAS; POMPERMAYER, 2018, p. 8).

Em assim sendo, ao final de cada mês é feito um balanço entre a quantidade de energia produzida e a utilizada. Se a geração de energia for maior que o consumo, o saldo remanescente será utilizado como crédito, abatendo o consumo de meses subsequentes e possibilitando que o consumidor pague apenas o valor da tarifa básica. Caso se materialize o

⁶ Mencione-se também a Lei n. 14.300, de 6 de janeiro de 2022, 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).

inverso – o montante consumido for superior ao total gerado –, o consumidor realizará o pagamento da diferença entre os valores.

Como já dito, essa forma de geração distribuída de energia é benéfica ao sistema elétrico em diversos sentidos – por exemplo, no baixo impacto ambiental, na redução de cargas na rede, na diversificação da matriz energética e na diminuição de perdas.⁷

De maneira crescente, o interesse pelo fomento do setor das energias renováveis é evidente. Em 2015, por meio da Resolução Normativa n. 687/2015 (atualmente a questão vem tratada na Resolução Normativa n. 1.059/2023), a ANEEL buscou oferecer maiores benefícios aos microgeradores, como a possibilidade de geração distribuída conjunta, de forma, que a partir da nova regulamentação, é possível que a energia gerada seja repartida entre várias residências que estejam em uma mesma área de concessão. Ainda, foi aumentado o prazo de utilização dos créditos de energia – passando de 36 para 60 meses⁸ –, e simplificou o processo de adesão para a integração entre a rede de geração e a de distribuição (ANEEL, 2023b).

Conforme levantamento realizado pela Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD)⁹ (2023), no período entre 2020 e 2022, o Estado de Minas Gerais conseguiu dobrar o número de Unidades Consumidoras (UC) beneficiadas pela geração de energia própria, alcançando o patamar de 282.000, das quais 71% correspondem ao consumo residencial¹⁰. Inclusive, em 13/02/2023, o estado “se tornou o primeiro estado brasileiro a alcançar a marca de 2,5 gigawatts (GW) de potência instalada em Geração Distribuída (GD)” (ABGD, 2023)¹¹.

Portanto, de forma geral, o que se percebe é uma grande preocupação com a regulação do setor elétrico, tanto por questões de necessidade de

⁷ Sobre geração distribuída, ver: SOETHE; BLANCHET, 2020; GOLDFARB, 2020.

⁸ A atual resolução normativa manteve o prazo para utilização dos créditos de energia, em 60 meses, conforme previsão do artigo 655-L (Resolução Normativa n. 1.059/2023) (ANEEL, 2023b).

⁹ A ABGD é uma associação sem fins lucrativos, fundada em 2015, a partir da reunião de 20 empresários. Tem por finalidade reunir “provedores de soluções, EPCs, integradores, distribuidores, fabricantes e empresas de diferentes tamanhos e segmentos, além de profissionais e acadêmicos do setor que atuam, direta ou indiretamente, na Geração Distribuída oriunda de fontes renováveis” (ABGD, 2022).

¹⁰ Complementarmente, 13,2% correspondem ao segmento rural e 13,6% à área comercial (ABGD, 2022).

¹¹ A título de informação, embora Minas Gerais seja o segundo estado na quantidade de Unidades Consumidoras instaladas para a geração de energia própria – atrás apenas de São Paulo –, é o que possui, atualmente, a maior potência instalada. O segundo é São Paulo (2,4 GW) e o terceiro, por sua vez, é Rio Grande do Sul (1,9 GW) (ABGD, 2022).

abastecimento, quanto em decorrência da necessidade de preservação de recursos naturais. E a preocupação com a regulação deve realmente ser central, tendo em vista que, como bem destacam José Emmanuel Burle Filho e Hely Lopes Meirelles (2020), as limitações administrativas são de grande importância na preservação de recursos naturais¹², porque são finitos (BOFF; BOFF, 2017). Nessa linha, importante observar as regras estabelecidas para os dois ambientes distintos de contratação de energia: o regulado e o livre.

3.1. Ambiente de contratação regulada

Pode-se dizer que a Lei n. 10.848/2004 promoveu uma reforma no setor elétrico brasileiro, tendo em vista as grandes mudanças trazidas no que se refere à comercialização de energia elétrica (GANIM, 2008).

Assim, no ambiente de contratação regulada se encontram os chamados consumidores cativos, que, embora tecnicamente somente contratem energia elétrica por meio de concessionárias, podem, também, utilizar a energia solar. Dito de outra forma, é possível que o consumidor que adquira sua energia diretamente de uma distribuidora juntamente instale um sistema fotovoltaico em sua rede elétrica e, a partir de tal providência, se beneficie do mecanismo de compensação de créditos oferecido pela ANEEL (ANEEL, 2023b).

Nesse cenário, para que ainda seja considerado consumidor cativo, o indivíduo poderá instalar a potência máxima de 5.0000 kW (*kilowatts*), o que representa cerca de 35.000m² de painéis solares – número já bastante expressivo para diversos consumidores rurais, por exemplo (ANEEL, 2021)¹³.

Caso o consumidor deseje conectar seu sistema de produção fotovoltaica à rede distribuidora, o primeiro passo consiste na solicitação de acesso, feita mediante formulário específico, que deverá ser entregue diretamente à distribuidora de energia. Na sequência, a distribuidora emitirá parecer de acesso, autorizando ou não a instalação efetiva do equipamento. É necessário que a instalação seja vistoriada pela distribuidora, que emitirá

¹² Acerca do assunto, os autores salientam que: “Assim, a preservação dos recursos naturais faz-se por dois modos: pelas limitações administrativas de uso, gerais e gratuitas, sem impedir a normal utilização econômica do bem, nem retirar a propriedade do particular, ou pela desapropriação individual e remunerada de determinado bem, transferindo-o para o domínio público e impedindo sua destruição ou degradação” (BURLLE FILHO; MEIRELLES, 2020, p. 712).

¹³ Esse quantitativo é estabelecido como máximo, pois, a partir disso, o consumidor precisa da outorga de autorização da ANEEL para a exploração de centrais geradoras fotovoltaicas, conforme previsão dos artigos 1º e 4º, da Resolução Normativa ANEEL n. 954/2021 (ANEEL, 2021).

relatório aprovando a instalação ou determinando a regularização de eventuais pendências diagnosticadas. Finalmente, após a aprovação do ponto pela distribuidora, a forma de medição do consumo será alterada e o sistema entrará em pleno funcionamento (ANEEL, 2021).

No caso do ambiente de contratação regulado, o consumidor terá a vantagem de produzir sua energia a partir de uma fonte renovável e limpa, bem como poderá ter redução de seus custos pela compensação de créditos, o que já pode ser suficiente para diversos proprietários rurais. Entretanto, caso a intenção seja impactar os custos com energia de maneira mais direta, o ambiente de contratação livre possivelmente materializará a esfera de contratação mais vantajosa, dada a liberdade no que se refere à negociação de preços.

3.2. Ambiente de contratação livre

De outro lado, o ambiente de contratação livre consiste em espaço de negociação de energia elétrica marcado pela competitividade, no qual os participantes podem transacionar livremente as condições envolvendo a energia – como o preço, o fornecedor, a quantidade de energia contratada, a forma de pagamento e o período de suprimento.

A principal vantagem do ambiente de contratação livre é a possibilidade de o consumidor negociar diretamente com os agentes geradores e comercializadores de energia, o que pode significar diminuição de preços, porque os fornecedores precisam oferecer vantagens competitivas aos consumidores em potencial – o que não acontece no mercado cativo.

Especialmente em se tratando de energia solar em propriedades rurais, o conhecimento sobre o mercado livre se torna de grande importância, tendo em vista que, na maior parte das vezes, a energia elétrica se coloca como verdadeiro elemento da cadeia produtiva – considerando seu emprego em larga escala em maquinários, por exemplo –, e a negociação pode abrir portas para melhorias significativas no modelo de negócio dos proprietários rurais, tendo em vista as possibilidades de ponderações sobre o custo e benefício de cada contrato.

Dentro do ambiente livre, a energia a ser contratada pode ser convencional ou incentivada. A energia convencional é aquela advinda de usinas térmicas a gás ou mesmo hidrelétricas. A energia incentivada, por sua

vez, foi uma modalidade criada para estimular a implantação de geradores de fontes renováveis (como a biomassa, a eólica e a solar), e, por pensar no aspecto de fomento, fornece descontos na tarifa de uso do sistema de distribuição (o que não acontece com a energia convencional).

Para além dos diferentes tipos de energia, existem no ambiente livre dois tipos de consumidores – o livre e o especial –, que se diferenciam pelo montante de energia contratado. O consumidor especial se caracteriza por ser uma unidade ou conjunto de unidades consumidoras cuja soma das demandas contratadas seja maior ou igual a 500 kW (*kilowatts*), e pode contratar apenas a energia incentivada (ANEEL, 2022). O consumidor livre, ao seu turno, precisa contratar demanda mínima de 3.000 kW (*kilowatts*), e pode optar tanto pela energia convencional, quanto pela incentivada (ANEEL, 2023). Na intenção de incentivar ainda mais a contratação no mercado livre, o Ministério de Minas e Energia, por meio da Portaria n. 514/2018, diminuiu os limites de carga para contratação de energia elétrica por parte dos consumidores¹⁴ (BRASIL, MME, 2018).

Tanto os consumidores livres quanto os especiais devem participar obrigatoriamente da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE, instituição regulada pela ANEEL e responsável pelo registro, monitoramento e liquidação de contratos, bem como pela medição do total de energia gerada e consumida no Sistema Interligado Nacional (ANEEL, 2022).

Segundo dados compilados pela CCEE, em 2018, o mercado livre de energia representou cerca de 30% de toda a carga do Sistema Interligado Nacional, porção que já é bastante considerável (ANEEL, 2018) e que pode indicar a utilização cada vez menor de outras fontes energéticas, providência importante em prol da autossuficiência das propriedades rurais (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Ainda, conforme levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística – Ibope, em parceria com a Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia – ABRACEEL, com o objetivo de levantar a opinião dos brasileiros sobre a energia elétrica no país, e a fim de examinar a percepção sobre a livre escolha no setor elétrico, o interesse por fontes renováveis de geração de energia é de 90% (percentual que representa crescimento, tendo em vista que em 2014 somava 70%) (IBOPE, 2020), o que

¹⁴ No geral, essa diminuição é progressiva. Por meio da Portaria MME n. 465/2019, estabeleceu-se a carga igual ou superior a 2.500 kW para o ano de 2019; 2.000 kW, para o ano de 2020; 1.500 kW, para ano de 2021; 1.000 kW para o ano de 2022 e; 500 kW, para o ano de 2023 (BRASIL, MME, 2019).

evidencia que o interesse pela geração solar fotovoltaica é crescente e merece estudo detalhado.

4. Geração de energia solar fotovoltaica em propriedades rurais: viabilidade, acesso e desafios à sustentabilidade

No atual estágio de desenvolvimento científico e tecnológico da sociedade, os raios solares podem ser convertidos em energia elétrica de duas formas: a heliotérmica, que utiliza espelhos e lentes para concentrar os raios solares em determinado ponto, a fim de aquecer uma solução responsável por gerar vapor e acionar uma turbina, produzindo eletricidade; e a fotovoltaica, razoavelmente mais simples por consistir na geração de energia elétrica por meio de materiais semicondutores que apresentam efeito fotovoltaico (DANTAS, POMPERMAYER, 2018).

Em relação especialmente ao modelo fotovoltaico, a diminuição dos preços é seu grande diferencial competitivo e um dos principais fatores impulsionadores de crescimento. Isso porque, em decorrência dos avanços na área de semicondutores e do aumento na demanda da produção de células solares, houve uma sensível diminuição no custo dos sistemas fotovoltaicos.

Em menos de quarenta anos (entre os anos de 1977 e 2015), o preço por *watt* de energia foi de US\$ 79,67 para US\$ 0,36, (SCHMELA, 2016) diminuição nitidamente significativa, tendo em vista que esse barateamento é fundamental em termos de viabilidade de implantação da geração fotovoltaica.

Quando se pensa na implantação de painéis solares em áreas rurais, é possível inferir que nessas zonas a incidência luminosa é geralmente maior por conta da necessidade de manter as produções – característica que é indiscutivelmente positiva em relação à energia solar (SCHMELA, 2016).

Por conta de suas dimensões continentais, o Brasil apresenta diferentes tipos de clima ao longo de seu território, mas a taxa de irradiação solar é razoavelmente uniforme, o que facilita a implantação da energia solar. Em termos quantitativos, “o valor máximo de irradiação global – 6,5 kWh/m² (*quilowatts* hora por metro quadrado) – é identificado no norte do estado da Bahia, na fronteira com o Piauí, e a menor irradiação é encontrada no litoral de Santa Catarina” (DANTAS, POMPERMAYER, 2018, p. 7).

Especificamente na região Sul verifica-se uma grande variação entre as estações do ano, o que faz com que a radiação solar seja mais flutuante.

Contudo, considerando que os painéis solares possuem baixa capacidade de armazenamento de energia, a localização da propriedade rural em zonas pouco ensolaradas pode acabar sendo bastante desafiadora para a instalação da matriz fotovoltaica, de maneira que tal fator pode, inclusive, representar riscos à viabilidade da implantação. Nesse cenário, eventual solução poderia se materializar com maiores investimentos em pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias capazes de contornar o problema da ausência de luz constante – o que representaria enorme avanço para os proprietários rurais interessados.

Atualmente, para mitigar o entrave da inexistência de luminosidade constante em determinadas regiões, a solução oferecida foi o sistema de créditos energéticos da ANEEL, que, conforme já pontuado, permite a manutenção do abastecimento mesmo quando a geração for inferior ao montante necessário. Essa é uma política de eficiência energética muito importante e que se coloca como mecanismo fundamental para o estímulo e à expansão de matrizes energéticas diversificadas (EPE, 2020).

Uma vez ponderadas as questões envolvendo a viabilidade da implantação da matriz solar – análise que será sempre feita no caso concreto e poderá apresentar grandes variações conforme o perfil do proprietário rural consumidor, pois levará em conta desde a localização da propriedade, até a disponibilidade financeira destinada para a instalação do sistema –, interessante também pensar no acesso à energia solar fotovoltaica.

Existem diversos painéis solares disponíveis no mercado e que podem ser escolhidos livremente pelo consumidor. Para garantir a instalação de um sistema adequado, é ideal que a decisão passe pelo crivo técnico de um engenheiro especializado no tema, que terá condições de elaborar um projeto de instalação e também de acertar o processo de conexão do sistema à rede elétrica, bem como diligenciar a respeito da homologação da instalação junto à distribuidora de energia.

Assim sendo, uma vez decidido pela implantação da energia solar fotovoltaica em sua propriedade rural, e levando em conta todas as variáveis concretas envolvendo a viabilidade da instalação, o consumidor possui condições de acessar essa matriz energética de maneira consideravelmente simples.

4.1. Uma solução sustentável ou aumento dos impactos ambientais?

Diante de todo o exposto, não se discute que a implantação da energia solar fotovoltaica em propriedades rurais é uma alternativa interessante, premissa que pode ser sintetizada nas palavras de Ferreira e Fiorillo (2015, p. 327):

Assim constata-se que o uso racional do sol como energia primária abundante no Brasil em proveito de sua transformação por empreendedores em face de atividades econômicas autorizadas pela legislação em vigor, é uma das alternativas energéticas mais promissoras não só em face dos objetivos fundamentais da República Federativa do Brasil descritos em nossa Lei Maior – principalmente em decorrência da necessidade de assegurar o desenvolvimento nacional (artigo 3º, II da CF), erradicar a pobreza e a marginalização –, mas também no sentido de reduzir as desigualdades sociais e regionais existentes em nosso País (artigo 3º, III da CF) em face da política energética nacional (Lei 9478/97) que destaca, dentre seus próprios objetivos (artigo 1º, I a XVIII) não só proteger o meio ambiente e promover a conservação de energia (artigo 1º, IV), como principalmente identificar as soluções mais adequadas para o suprimento de energia elétrica nas diversas regiões do País (artigo 1º, VII).

Entretanto, importante notar que para a regulação jurídica do meio ambiente, o Direito Ambiental brasileiro adotou um conceito amplo, que “além da fauna, flora e solo, águas, ar, clima, também abrange aspectos paisagísticos e o meio ambiente criado pelo ser humano em âmbito cultural, econômico e social” (SARLET; FENSTERSEIFER, 2014, p. 311), razão pela qual é necessário pensar em todos os aspectos da geração de energia por meio da matriz solar, o que inclui os resíduos.

Apesar da regulação do uso da energia solar fotovoltaica ser razoavelmente satisfatória, reconhecendo-se, aqui, principalmente os esforços que têm sido realizados no sentido de promover sua expansão no Brasil (KRELL; SOUZA, 2020), chama-se a atenção ao fato de que os painéis solares contêm metais pesados em sua composição – como chumbo e cádmio –, característica que os torna de difícil reciclagem e de delicado processo de descarte. Isso, por outro lado, evidencia um estado de alerta em relação à concretização da prática sustentável, pois deixa de auxiliar no

desenvolvimento de iniciativas capazes de alcançar o objetivo de uma matriz energética renovável: a busca pela substituição, com eficiência, das demais matrizes não renováveis (KRELL; SOUZA, 2020).

Levando em conta os modelos disponíveis atualmente no mercado, os painéis solares perdem cerca de 10% de sua eficiência em 10 anos, 25% em 25 anos, e, a partir de 40 anos de utilização, já não são mais capazes de gerar energia dentro de parâmetros aceitáveis de eficiência, o que faz com que tenham sua qualidade comprometida. Segundo levantamento realizado pela Agência Internacional de Energia Renovável¹⁵, atualmente o planeta já soma 250 mil toneladas de resíduos derivados de painéis solares, e até 2050 a projeção é que sejam 78 milhões de toneladas (AIER *apud* ABSOLAR, 2021) números absolutamente preocupantes e que precisam ser considerados com responsabilidade.

A urgência no enfrentamento da questão é tanta que, em 2018, na França, foi criada pela empresa multinacional Veolia a primeira usina de reciclagem de painéis solares, local em que todos os componentes dos sistemas são separados em processo difícil e minucioso, e destinados para locais adequados, onde possam ser reciclados. Contudo, apesar de tal empresa possuir sede no Brasil, o serviço de reciclagem de painéis solares não é oferecido, o que é um indicativo de que o problema ainda esteja mais longe de ser resolvido (SIRVINSKAS, 2018).

No ordenamento jurídico brasileiro, a Política Nacional de Resíduos Sólidos foi instituída pela Lei n. 12.305/2010 e é regulamentada pelo Decreto n. 10.936, de 12 de janeiro de 2022, e, em seu artigo 33, inciso VI, determina que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes são obrigados a estruturar e implementar sistema de logística reversa de forma independente para manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

A classificação dos resíduos derivados da geração de energia solar ainda não foi delimitada de maneira expressa, mas é razoável que os painéis se enquadrem na categoria de lixo eletrônico (tendo em vista que se descartados no solo podem levar toxicidade para a integralidade do ecossistema), o que faz com que se subsumam à previsão de logística reversa da Política Nacional de Resíduos Sólidos (FERREIRA; FIORILLO, 2015).

Contudo, não se pode ignorar que a obrigatoriedade de que os fabricantes se responsabilizem pelo descarte dos painéis solares apenas tira

¹⁵ O nome é inglês é: International Renewable Energy Agency (IRENA).

a preocupação do Estado e “repassa” o problema aos particulares, que encontrarão os desafios já mencionados no processo de reciclagem e, em última análise, os impactos ao meio ambiente continuarão os mesmos (SIRVINSKAS, 2018).

O que se pretende evidenciar, portanto, é que as desvantagens relacionadas ao descarte não devem excluir a possibilidade de utilização da energia solar fotovoltaica, mas sim chamar atenção para a necessidade de foco constante na compatibilização dessa matriz energética com o conceito de desenvolvimento sustentável¹⁶, a fim de evitar que os prejuízos causados sejam maiores que os benefícios (AMADO, 2020).

O problema do descarte, por sua complexidade, deve ser atacado desde diferentes frentes para que possa ser tratado de maneira adequada. Em termos de atuação estatal, aponta-se para a necessidade de regulação mais rigorosa do setor no que se refere aos descartes, até mesmo com a eventual criação de taxas específicas por conta da reciclagem. Ainda, imperiosa se faz a fiscalização ostensiva da política de logística reversa dos fabricantes, de maneira a assegurar sua efetividade. Além de considerar, é claro, que o processo de reciclagem desse modelo energético pode ser uma atividade também economicamente rentável.

Além dos filtros estatais, imperioso ainda o investimento em tecnologias, aprimorando as técnicas de tratamento dos resíduos da energia como a solar (AMADO, 2020). No mesmo patamar de importância se coloca a consciência individual dos proprietários rurais, que, caso descartem painéis solares de maneira irresponsável e temerária, estarão sujeitos a sanções penais e administrativas, bem como à reparação de eventuais danos causados.

5. Conclusão

¹⁶ Nesse sentido: Frederico Amado (2020, p. 60) apresenta o conceito de desenvolvimento sustentável: “[...] é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de existência dignas gerações futuras, sendo possível melhorar a qualidade de vida dos vivos sem prejudicar o potencial desenvolvimento das novas gerações, através do controle da poluição a fim de manter a perenidade dos recursos naturais”. O ponto de partida disso, conforme Abner da Silva Jaques e Vladimir Oliveira da Silveira (2019, p. 174), é que: “o desenvolvimento enquanto direito inalienável é multidimensional, na medida em que o crescimento econômico, por exemplo, é despiendo quando diante da ausência de atendimento de direitos sociais, culturais e/ou políticos. Aufere-se, assim, que embora o direito ao desenvolvimento seja um direito humano de terceira dimensão, seu objeto relaciona-se com direitos de primeira e segunda dimensão, haja vista serem categorias de direitos inerentes aos seres humanos para um desenvolvimento integral pessoa”.

Seja pelo aumento da utilização de equipamentos elétricos em residências e estabelecimentos comerciais, ou pelo crescente emprego de ferramentas de automação e controle de processos nas searas industrial e rural, o consumo final de eletricidade continua em crescimento e sem perspectivas de diminuição.

Nesse sentido, se apresenta com urgência cada vez maior a necessidade de pensar em novas formas de produção de energia, ponto em que se encaixa o debate acerca da energia solar fotovoltaica, que pode ser uma interessante ferramenta para evitar uma futura crise energética tanto em termos de demanda, quanto de fontes.

No espectro das fontes de energias renováveis, o aproveitamento da luz fornecida pelo sol é uma estratégia promissora, tendo em vista tratar-se de uma matriz energética limpa e gratuita (ao menos do ponto de vista da matéria prima).

Nas propriedades rurais o debate a respeito da energia solar fotovoltaica atinge maiores proporções por conta das vantagens trazidas por essa matriz energética, tais como a facilidade de implantação, a redução com os custos de eletricidade necessários para a realização de atividades do campo e o relativamente baixo valor de instalação dos painéis solares, que vem inclusive diminuindo com o passar dos anos.

Conforme pontuado, no modelo regulatório atual o proprietário rural pode optar por ser um consumidor cativo, que adquire energia elétrica no ambiente de contratação regulada e pode se beneficiar do sistema de créditos energéticos proposto pela ANEEL, ou, então, tornar-se um consumidor livre, negociando de forma direta a contratação da energia a ser utilizada – providência que oferece grandes perspectivas de redução de custos com a cadeia produtiva, além da melhora do modelo de negócio rural.

Assim, a matriz solar apresenta diversos benefícios quando comparada com modelos geracionais como as hidrelétricas e a queima de combustíveis fósseis, por exemplo. Mas não se pode afirmar que o modelo solar é isento de críticas e potenciais efeitos deletérios ao meio ambiente.

Atualmente, o que se percebe é que o setor padece de regulação adequada no que diz respeito aos resíduos sólidos gerados pela produção da energia, o que pode fazer com que uma solução que a princípio se revela interessante e promissora, acabe por gerar grandes impactos negativos no longo prazo.

A demanda, portanto, é pela revisão constante da energia solar fotovoltaica, que, em decorrência de seus inúmeros benefícios, merece que seus efeitos desafiadores sejam encarados com responsabilidade e interesse por melhorias, para que finalmente se torne uma matriz energética completamente sustentável, que atenda às necessidades das gerações atuais e também se preocupe em resguardar o meio ambiente para gerações futuras.

Referências

ABGD. **Minas Gerais alcança 2,5 GW de potência instalada em geração própria de energia.** São Paulo: Sítio on-line da ABGD, 2023. Disponível em: <https://www.abgd.com.br/portal/minas-gerais-alcanca-25-gw-de-potencia-instalada-em-geracao-propria-de-energia/>. Acesso em: 26 fev. 2023.

ABREU, Ronaldo da Silva de; BARBOSA, Eduardo Kaplan; SANTOS, Gustavo Antônio Galvão dos; SILVA, José Francisco Sanches da. Propostas para o setor elétrico brasileiro. **Revista do BNDES**. Rio de Janeiro, v. 14, nº 29, p. 435-474, 2008.

ABSOLAR. **Os desafios da logística reversa de painéis fotovoltaicos.** São Paulo: Sítio on-line da ABSOLAR, 2021. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/os-desafios-da-logistica-reversa-de-paineis-fotovoltaicos/>. Acesso em: 26 fev. 2023.

AGÊNCIA BRASIL. **Uso de energia solar cresce no país, com 19 GW de potência instalada.** Brasília: Sítio on-line da Agência Brasil, 2023. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2022-12/uso-de-energia-solar-cresce-no-pais-com-19-gw-de-potencia-instalada>. Acesso em: 24 fev. 2023.

AGU. **Sustentabilidade:** sede da AGU em Brasília passa a contar com energia solar. Brasília: sítio on-line da AGU, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agu/pt-br/comunicacao/noticias/sustentabilidade-sede-da-agu-em-brasilia-passa-a-contar-com-energia-solar--721619>. Acesso em: 15 fev. 2023.

AMADO, Frederico. **Direito Ambiental**. 8 ed. Salvador: Juspodivm, 2020.

ANEEL. **Balanco Energético Nacional 2018:** ano base 2017. Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro: EPE, 2018.

ANEEL. **Resolução Normativa ANEEL n. 1.009, de 22 de março de 2022.** Brasília: Diário Oficial da União, 2022. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20221009.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2023.

ANEEL. **Resolução Normativa ANEEL n. 954, de 30 de novembro de 2021**. Brasília: Diário Oficial da União, 2021. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2021954.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2023.

ANEEL. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA)**: Usinas e Agentes de Geração. Brasília: Sítio on-line da ANEEL, 2023a. Disponível em: https://www.google.com/search?q=aneel&rlz=1C1RLNS_pt-BRBR914BR914&oq=aneel+&aqs=chrome.0.69i59j0i131i433i512j0i512l3j69i60l3.2976j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8. Acesso em: 24 e. 2023.

ANEEL. **Resolução normativa ANEEL n. 1.059, de 7 de fevereiro de 2023**. Brasília: Diário Oficial da União, 2023b. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-1.059-de-7-de-fevereiro-de-2023-463828999>. Acesso em: 12 fev. 2023.

ANP. **Resolução n. 41 de 05 de novembro de 2013**. Brasília: Sítio on-line da ANP, 2013. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1891074. Acesso em: 12 jan. 2023.

BANDEIRA DE MELLO, Celso Antônio. **Curso de Direito Administrativo**. 21. ed. São Paulo: Malheiros, 2006.

BOFF, Salete Oro; BOFF, Vilmar Antonio. Inovação Tecnológica em energias renováveis no Brasil como imperativo da solidariedade intergeracional. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 282-302, maio/ago. 2017.

BRASIL, MME. **Portaria n. 465, de 12 de dezembro de 2019**. Brasília: Diário Oficial da União, 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-465-de-12-de-dezembro-de-2019.-233554889>. Acesso em: 25 fev. 2023.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: Diário Oficial da União, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 10 set. 2021.

BRASIL. **Decreto n. 24.643, de 10 julho de 1934**: Código de Águas. Brasília: Diário Oficial da União, 1934. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCIVil_03/decreto/D24643.htm. Acesso em: 03 out. 2021.

BRASIL. **Decreto n. 7.404, de 23 de dezembro de 2010**. Brasília: Diário Oficial da União, 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/D5163.htm. Acesso em: 15 out. 2021.

BRASIL. **Lei federal n. 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Brasília: Diário Oficial da União, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 15 out. 2021.

BRASIL. **Lei federal n. 9.427, de 26 de dezembro de 1996.** Brasília: Diário Oficial da União, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9427cons.htm. Acesso em: 03 out. 2021.

BRASIL, MME. **Portaria n. 514 de 27/12/2018.** Brasília: Sítio on-line do Ministério de Minas e Energia, 2018. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/prt2018514mme.pdf>. Acesso em: 12 out. 2022.

BURLE FILHO, José Emmanuel; MEIRELLES, Hely Lopes. **Direito administrativo brasileiro.** 44. ed. São Paulo: Malheiros, 2020.

CABRAL, Flávio Garcia; SARAI, Leandro. **Manual de Direito Administrativo.** 2.ed. Leme: Mizuno, 2023.

CORRÊA, Maria Letícia. **O setor de energia elétrica e a constituição do Estado no Brasil: o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (1939-1954).** Tese (Doutorado em História Social). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2003.

DANTAS, Stefano Giacomazzi Dantas; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. **Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico.** In: Textos para discussão no Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: Ipea, 2018.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Atlas da Eficiência Energética: Brasil 2019 – relatório de indicadores.** Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2020.

EPE. **Balanco Energético Nacional 2022:** Ano base 2021. Rio de Janeiro: EPE, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-638/BEN2022.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2023.

FERREIRA, Renata Marques; FIORILLO, Celso Antonio Pacheco. **Curso de Direito da Energia:** tutela jurídica da água, do petróleo, do gás natural, do biocombustível, dos combustíveis nucleares, do vento e do sol. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

FERREIRA, Renata Marques; FIORILLO, Celso Antonio Pacheco. Parâmetros normativos vinculados ao uso da energia solar no país em face do direito ambiental brasileiro. **Revista Jurídica Unicuritiba.** Curitiba, v. 02, nº 51, p. 182-210, 2018.

FIORILLO, Celso Antonio Pacheco. Tutela jurídica do ar (vento) e a energia eólica em face do direito ambiental brasileiro. **Revista do Curso de Mestrado em Direito da UFC**. São Paulo, v. 30, nº 2, p. 15-24, 2010.

GANIM, Antonio. **Setor elétrico brasileiro**: aspectos regulamentares, tributários e contábeis. Brasília: Synergia, 2008.

GOLDEMBERG, José. **Energia e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Bluncher, 2010.

GOLDFARB, Miguel Andrés. Energías renovables y generación distribuida en Argentina: aspectos regulatorios fomento e incentivos. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 39-58, jan./abr. 2020.

HACHEM, Daniel Wunder. A dupla titularidade (individual e transindividual) dos direitos fundamentais econômicos, sociais, culturais e ambientais. **Revista de Direitos Fundamentais e Democracia**, v. 14, n. 14, Curitiba, p. 618-688, jul/dez. 2013.

IBOPE. **Pesquisa de Opinião Pública**: energia elétrica. Ibope Inteligência. Disponível em: https://abraceel.com.br/wp-content/uploads/post/2020/08/JOB-20_0211_Energia-El%C3%A9trica_2020_Abraceel-Apresenta%C3%A7%C3%A3o-2.pdf. Acesso em: 15 out. 2020.

JAQUES, Abner da Silva; SILVEIRA, Vladmir Oliveira da. O direito tributário como instrumento eficaz na busca do desenvolvimento (ambiental) sustentável. In: TYBUSCH, Jerônimo Siqueira; FERREIRA, Rildo Mourão (coords.). **Anais do XXVIII Encontro Nacional do CONPEDI: Direito e Sustentabilidade I**; Florianópolis: CONPEDI, 2019b. Disponível em: <http://conpedi.danilor.info/publicacoes/no85g2cd/1jj4cy28/QiL6jwla3vX3J1I1.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2023.

KRELL, Andreas Joachim; SOUZA, Carolina Barros de Castro. A sustentabilidade da matriz energética brasileira: o marco regulatório das energias renováveis e o princípio do desenvolvimento sustentável. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 157-188, maio/ago. 2020.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito ambiental brasileiro**. 21 ed. São Paulo: Malheiros, 2013.

MOREIRA, Egon Bockmann. Passado, presente e futuro da regulação econômica no Brasil. **Revista de Direito Público da Economia**. Belo Horizonte, v. 11, n. 44, p. 87-118, out./dez. 2013.

SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER, Tiago. **Direito ambiental**: Introdução, Fundamentos e Teoria Geral. São Paulo: Saraiva, 2014.

SCHMELA, Michael. **Global market outlook for solar power: 2016-2020**. Brussels: Solar Power Europe, 2016. Disponível em: http://www.solarpowereurope.org/fileadmin/user_upload/documents/Events/SolarPower_Webinar_Global_Market_Outlook.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

SOETHE, Ghabriel Campigotto; BLANCHET, Luiz Alberto. Geração distribuída e desenvolvimento sustentável. **A&C – Revista de Direito Administrativo & Constitucional**, Belo Horizonte, ano 20, n. 79, p. 233-257, jan./mar. 2020.

SIRVINSKAS, Luís Paulo. **Manual de direito ambiental**. 16 ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

VILLALVA, Marcelo Gradella. GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2012.