

ESCOLA SUPERIOR DOM HELDER CÂMARA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO

Cristiana Nepomuceno de Sousa Soares

A SUSTENTABILIDADE DA ENERGIA SOLAR

Belo Horizonte

2018

Cristiana Nepomuceno de Sousa Soares

A sustentabilidade da energia solar

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Direito Ambiental da Escola Superior Dom Hélder Câmara como requisito para obtenção do título de Mestre em Direito.

Linha de Pesquisa: Linha 2: Direito, Sustentabilidade e Direitos Humanos

Orientadora: Professora Dra. Beatriz Souza Costa

Belo Horizonte

2018

SOARES, Cristiana Nepomuceno de Sousa.
S676s A sustentabilidade da energia solar / Cristiana Nepomuceno de Sousa
Soares. – Belo Horizonte, 2018.
87 f.

Dissertação (Mestrado) – Escola Superior Dom Helder Câmara.
Orientador: Profª. Drª. Beatriz Souza Costa
Referências: f. 79 –87

1. Direito ambiental 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Energia solar I. Costa, Beatriz Souza. II. Título.

349.6:331(043.3)

ESCOLA SUPERIOR DOM HELDER CÂMARA

Cristiana Nepomuceno de Sousa Soares

A sustentabilidade da energia solar

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Direito Ambiental da Escola Superior Dom Helder Câmara como requisito para obtenção do título de Mestre em Direito.

Aprovada em: ____/____/____

Orientadora – Prof.^a Dr.^a Beatriz Souza Costa

Membro da banca – Prof.^a Dr.^a. Maraluce Maria Custódio

Membro da banca – Prof. Dr. Fernando A. N. Galvão da Rocha

Nota: ____

Belo Horizonte

2018

Ao meio ambiente equilibrado e à vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e por ter me possibilitado viver mais este aprendizado.

Ao meio ambiente que Deus nos deu, nas suas diversas formas, cores e sons e na vontade de defendê-lo cada dia mais.

Ao meu anjo da guarda, presente em todos os momentos e fonte de grandes inspirações.

À minha família por ter compreendido meus tempos de ausência, para poder dedicar a um sonho.

Aos meus pais Márcio José de Sousa e Maria da Conceição Nepomuceno de Sousa pela vida.

Ao meu marido Jarbas Soares Júnior pela compreensão de longas jornadas em frente ao computador.

Aos meus filhos João Rafael, Rodrigo e Clarissa, para quem eu dei a vida e que são a continuidade dela na geração futura à minha.

Aos meus sobrinhos e afilhados pela compreensão de minha ausência em suas vidas neste momento.

Agradeço à minha orientadora Dra. Beatriz Souza Costa por dividir comigo parte de seu grande conhecimento.

Agradeço aos professores José Adércio Sampaio, Magno Federi, Elcio Nacur, José Cláudio Junqueira, Pedro Matos, e Sebastien Kiwonghi pelo belo aprendizado.

Agradeço ao grupo de pesquisa do professor André de Paiva Toledo, que me fez retornar aos tempos de bióloga e valorizar cada vez mais o meio ambiente, principalmente o marinho.

No princípio criou Deus o céu e a terra.
E a terra era sem forma e vazia; e havia trevas sobre a face do abismo; e o Espírito de Deus se movia sobre a face das águas.
E disse Deus: Haja luz; e houve luz.
E viu Deus que era boa a luz; e fez Deus separação entre a luz e as trevas.
E Deus chamou à luz Dia; e às trevas chamou Noite. E foi a tarde e a manhã, o dia primeiro.
E disse Deus: Haja uma expansão no meio das águas, e haja separação entre águas e águas.
E fez Deus a expansão, e fez separação entre as águas que estavam debaixo da expansão e as águas que estavam sobre a expansão; e assim foi.
E chamou Deus à expansão Céus, e foi a tarde e a manhã, o dia segundo.
E disse Deus: Ajuntem-se as águas debaixo dos céus num lugar; e apareça a porção seca; e assim foi.
E chamou Deus à porção seca Terra; e ao ajuntamento das águas chamou Mares; e viu Deus que era bom.
E disse Deus: Produza a terra erva verde, erva que dê semente, árvore frutífera que dê fruto segundo a sua espécie, cuja semente está nela sobre a terra; e assim foi.
E a terra produziu erva, erva dando semente conforme a sua espécie, e a árvore frutífera, cuja semente está nela conforme a sua espécie; e viu Deus que era bom.
E foi a tarde e a manhã, o dia terceiro.
E disse Deus: Haja luminares na expansão dos céus, para haver separação entre o dia e a noite; e sejam eles para sinais e para tempos determinados e para dias e anos.
E sejam para luminares na expansão dos céus, para iluminar a terra; e assim foi.
E fez Deus os dois grandes luminares: o luminar maior para governar o dia, e o luminar menor para governar a noite; e fez as estrelas.
E Deus os pôs na expansão dos céus para iluminar a terra, E para governar o dia e a noite, e para fazer separação entre a luz e as trevas; e viu Deus que era bom.
E foi a tarde e a manhã, o dia quarto.
E disse Deus: Produzam as águas abundantemente répteis de alma vivente; e voem as aves sobre a face da expansão dos céus.
E Deus criou as grandes baleias, e todo o réptil de alma vivente que as águas abundantemente produziram conforme as suas espécies; e toda a ave de asas conforme a sua espécie; e viu Deus que era bom.
E Deus os abençoou, dizendo: Frutificai e multiplicai-vos, e enchei as águas nos mares; e as aves se multipliquem na terra.
E foi a tarde e a manhã, o dia quinto.
E disse Deus: Produza a terra alma vivente conforme a sua espécie; gado, e répteis e feras da terra conforme a sua espécie; e assim foi.
E fez Deus as feras da terra conforme a sua espécie, e o gado conforme a sua espécie, e todo o réptil da terra conforme a sua espécie; e viu Deus que era bom.
E disse Deus: Façamos o homem à nossa imagem, conforme a nossa semelhança; e domine sobre os peixes do mar, e sobre as aves dos céus, e sobre o gado, e sobre toda a terra, e sobre todo o réptil que se move sobre a terra.

RESUMO

O presente trabalho, oriundo da linha de pesquisa “Direito, Sustentabilidade e Direitos Humanos” do curso de mestrado em Direito Ambiental, busca discutir a energia solar fotovoltaica e a sua sustentabilidade, com a finalidade de tecer uma análise crítica e propositiva desse sistema. O questionamento desse trabalho é esse tipo de energia é sustentável em face do resíduo que ela produz. Qual seria a melhor destinação para o resíduo por ela provocado? Para isso, afirma a importância do uso das energias renováveis, da energia solar, e os seus impactos positivos e negativos causados ao meio ambiente, estabelecendo alguns conceitos básicos para a compreensão do tema proposto. A partir daí, descrevem-se as formas de energia, a energia renovável, os princípios que regem o Direito Ambiental e o Direito de Energia. Mencionam-se a legislação brasileira sobre o assunto e a energia fotovoltaica. Apontam-se os impactos positivos e negativos no uso da energia solar, e sugere-se uma melhor maneira de dispor dos resíduos ao final do ciclo de vida das placas fotovoltaicas. Este trabalho desenvolveu-se em cima de dois pilares: a legislação; e os princípios ambientais e de energia. A pesquisa foi a qualitativa, descritiva e explicativa, sendo utilizado o método raciocínio dedutivo, com auxílio da pesquisa bibliográfica, documental e legislativa. Este estudo se justifica pelo crescente número de usinas solares que têm sido implantadas no Brasil e a preocupação com o seu descarte daqui a 30 anos. Dessa forma, o presente trabalho conclui que a energia solar fotovoltaica é a mais renovável e limpa, mas que o descarte das placas fotovoltaicas deve ser pensado agora, e sugere-se que seja proposta uma legislação mais específica sobre o tema.

Palavras-chave: Energia solar. Energias renováveis. Placas fotovoltaicas. Resíduos das placas. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The present work, from the “Law, Sustainability and Human Rights” research line of the Master’s course in Environmental Law, seeks to discuss photovoltaic solar energy and its sustainability, in order to provide a critical and proactive analysis of this system. The question of this work is whether energy is sustainable in the face of the residue it produces. What would be the best destination for the residue it caused? To this end, it affirms the importance of the use of renewable energies, solar energy, and its positive and negative impacts caused to the environment, establishing some basic concepts for understanding the proposed theme. From there, the forms of energy, the renewable energy, the principles that govern the Environmental Law and the Right of Energy are described. The Brazilian legislation on the subject and photovoltaic energy are mentioned. Positive and negative impacts on the use of solar energy are pointed out and a better way of disposing of the waste is suggested at the end of the life cycle of the photovoltaic panels. This work has developed on two pillars: the legislation; and environmental and energy principles. The research was qualitative, descriptive and explanatory, using the reasonig deductive method, with the aid of bibliographical, documentary and legislative research. This study is justified by the growing number of solar plants that have been deployed in Brazil and the concern with its disposal in 30 years. Thus, the present study concludes that photovoltaic solar energy is the most renewable and clean, but that the disposal of photovoltaic panels should now be considered, and it is suggested that more specific legislation on the subject be proposed.

Keywords: Photovoltaic panels. Plate residues. Renewable energy. Solar energy. Sustainability.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CCST	Centro de Ciência do Sistema Terrestre
CDB	Convenção de Diversidade Biológica
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
CdTe	Célula Fotovoltaica de Telureto de Cádmio
CIGS	Célula Fotovoltaica Disseleneto de Cobre Índio e Gálio
CF	Constituição Federal
CMMAD	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
C-Si	Silício cristalino
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FSC	Instituto Federal de Santa Catarina
FV	Fotovoltaica
FUNDESE	Fundo de Fomento e Desenvolvimento Socioeconômico do Estado de Minas Gerais
GW	Gigawatt
IEA	International Energy Agency
IEEFA	Instituto de Economia de Energia e Análise Financeira
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IRENA	International Renewable Energy Agency
GSR	Relatório Estado Global das Renováveis
GW	Gigawatt

kWh/m2.dia	Quilowatts-hora por metro quadrado dia
LABREN	Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia
LER	Leilão de Energia de Reserva
LPP	<i>Long persistence phosphorus</i> – fósforo de longa persistência
M2	Metro quadrado
MAE	Mercado Atacadista de Energia Elétrica
MW	Miliwatt
MWp	Mega watts de potência
NEA	Nuclear Agency Energy (Agência de Energia Nuclear, em inglês)
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
ONU	Organização das Nações Unidas
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PIPS-MT	Programa de Incentivo a Projetos de Interesse Social do Mato Grosso
PND	Programa Nacional de Desestatização
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PV	<i>Photovoltaic</i> (fotovoltaico, em inglês)
REN	Resolução normativa ANEEL
REN 21	Rede de Políticas de Energias Renováveis para o Século 21
REsp	Recurso especial
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
Si	Silício
SIN	Sistema Elétrico Interligado Nacional
STJ	Superior Tribunal de Justiça

UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UNIFESP	Universidade Federal de São Paulo
UTI	Unidade de Tratamento Intensivo
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Wh	Watt-hora
Wp	Watt pico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	A ENERGIA, SUAS FORMAS E OS PRINCÍPIOS REGULADORES SUSTENTÁVEIS.....	17
2.1	Energia	17
2.2	As formas da energia	20
2.2.1	Energia renovável.....	24
2.3	Princípios concernentes ao meio ambiente e à energia.....	29
2.3.1	Princípio do ambiente ecologicamente equilibrado como direito fundamental à vida.....	30
2.3.2	Princípio do desenvolvimento sustentável.....	33
2.3.3	Princípio do usuário-pagador ou poluidor-pagador	37
2.3.4	Princípio da prevenção	38
2.3.5	Princípio da precaução	40
2.3.6	Princípio da segurança no provisionamento energético	42
2.3.7	Princípio do não retrocesso na utilização de tecnologias.....	43
3	A MATRIZ E A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE ENERGIA.....	45
3.1	Considerações gerais sobre a matriz energética do Brasil	45
3.2	Legislação brasileira	48
4	ENERGIA FOTOVOLTAICA, IMPACTOS AMBIENTAIS e RESÍDUOS	54
4.1	Energia solar fotovoltaica.....	54
4.2	O painel fotovoltaico	58
4.3	Impactos ambientais relacionados à energia solar.....	61
4.4	Impactos ambientais positivos na produção de energia solar	63
4.5	Impactos ambientais negativos na produção de energia solar.....	65
4.6	Resíduos	71
5	CONCLUSÃO	76
	REFERÊNCIAS	79

1 INTRODUÇÃO

A energia é essencial para a vida de todos os seres existentes na Terra, e tem sido utilizada, desde os primórdios da humanidade, como meio de defesa, aquecimento e alimentação. Passou pela fase da Revolução Industrial, com o aparecimento de máquinas a vapor, até chegar aos dias de hoje, com a mudança das energias não renováveis pelas energias renováveis.

A energia se apresenta de várias formas: têm-se as primárias, fornecidas pela natureza; e as secundárias, obtidas das primárias por meio de centros de transformação – além de tal diferenciação, pode-se falar, ainda, em energias não renováveis e renováveis.

Por muito tempo, o uso foi o das não renováveis. Entretanto, depois que o ser humano tomou consciência sobre a necessidade de mudar ou a vida humana estaria ameaçada, houve a mudança no uso das não renováveis pelas renováveis.

Apesar de a energia existir desde a formação do mundo, a bibliografia encontrada ainda se concentra nas áreas de Engenharia, Física e Química, o que dificultou em muito a pesquisa nessa área no Direito, pois, no campo jurídico, o Direito de Energia ainda é incipiente, e não há muita doutrina sobre o assunto. Assim, seu arcabouço são os princípios ambientais, os de energia, as resoluções da ANEEL e as novas leis específicas que estão surgindo.

O presente trabalho se limitará a analisar a energia fotovoltaica, seus impactos e resíduos produzidos pelas placas solares no meio ambiente e na saúde humana. As perguntas a serem respondidas são estas:

- A energia fotovoltaica é uma energia completamente limpa?
- Haveria o desenvolvimento sustentável da energia fotovoltaica, tendo em vista o resíduo que ela provoca?
- Qual seria a melhor destinação para o resíduo por ela provocado?

Com isso, foi delimitada no campo das energias renováveis a energia solar fotovoltaica. Procurou-se falar de seu campo de atuação, da matriz energética do Brasil, da legislação brasileira, das placas solares. As hipóteses do trabalho se encontram ao se falar sobre os impactos positivos e negativos no uso desse tipo de energia. Por elementos positivos que a energia solar causa, ela seria inteiramente sustentável, renovável e limpa? E, em relação aos impactos negativos, ela seria sustentável? Seria viável a construção de várias usinas solares, levando-se em conta que ela não seria tão limpa e nem tão sustentável?

Para chegar à resposta final, se seria ou não sustentável, fez-se preciso falar sobre os resíduos sólidos. A explanação sobre ele não foi extensiva, deixando apenas para mencionar

as partes gerais da Lei da Política Nacional sobre os Resíduos Sólidos (PNRS) e o que dela poderia se extrair para se chegar à pergunta que se pretende responder.

A justificativa deste trabalho se apresenta na sustentabilidade da produção da eletricidade pela energia solar – se compensaria esse tipo de energia, por causa dos impactos negativos que ela causa ao homem e ao meio ambiente.

Como marco teórico, ficou estabelecido o livro *Desenvolvimento como Liberdade*, de Amartya Sen (2010), nesse livro o autor descreve a forma de desenvolvimento sustentável ideal, aliando meio ambiente, crescimento econômico e bem-estar de homens e mulheres.

Como metodologia, aplicou-se o método jurídico-exploratório de pesquisa em fontes bibliográficas e documentais, que possibilitou verdadeira revisão teórica sobre o tema. Utilizou-se o método analítico-indutivo por meio de pesquisas bibliográficas e estudo de normas legais, constitucionais, infraconstitucionais e resoluções. Por ser considerado um assunto novo, não há muita bibliografia sobre o tema, o que dificultou a pesquisa em documentos e livros considerados fontes oficiais. Assim sendo, foram muito utilizados as revistas e os sítios eletrônicos sobre o assunto, o que pode ser considerado como “bibliografia cinzenta”.

Com a finalidade de responder ao tema-problema da pesquisa e alcançar o fundamento teórico adequado, este trabalho foi organizado em três capítulos, cada qual essencial para se chegar ao resultado.

No primeiro capítulo, analisam-se a energia e suas formas, mencionando sobre as energias renováveis e descrevendo alguns de seus tipos. Como forma de promover o estudo jurídico do tema, discorre-se sobre os princípios concernentes ao meio ambiente e energia. Mencionam-se os princípios do ambiente ecologicamente equilibrado, como direito fundamental, do desenvolvimento sustentável, do usuário-pagador ou poluidor pagador, da prevenção, da precaução, da segurança no provisão energético e o da eficiência energética. Com isso, procura-se mostrar que eles seriam o arcabouço para o tema proposto. E dentre os princípios apresentados destaca-se o do desenvolvimento sustentável, por ser o foco deste trabalho e ser também uma das preocupações do livro utilizado como marco teórico.

No segundo capítulo, são feitas as considerações sobre a matriz energética e a legislação brasileira. Promove-se uma construção histórica das leis, até se chegar à legislação mais específica sobre a energia solar, a começar pela Lei nº 9.074/1985, que determinou sobre as concessões, permissões e autorizações de energia elétrica. Em seguida, fala-se sobre a Lei nº 9.427/1996, que criou a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Também se discorre sobre as Leis nºs 9.648/1998, que criou o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS),

9.478/1997, que instituiu o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), e 10.433/2002 e 10.438/2002, que criaram o mercado atacadista de energia e o programa de incentivo às fontes de energias alternativas. Depois se menciona a Chamada nº 013/2011, da ANEEL, que faz a inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira, bem como as Resoluções nºs 482/2012, que criou o sistema de compensação de energia, e 687/2015, que revisou aquela e possibilitou o sistema de compensação de energia.

No terceiro capítulo, define-se a energia solar fotovoltaica e se abordam sua utilização e como ela transforma energia solar em energia elétrica. Descreve-se o painel fotovoltaico ao serem mencionados os elementos que o compõem. São descritos os impactos positivos e negativos causados por esse tipo de energia e os resíduos ocasionados pelo descomissionamento das placas ao final do ciclo de vida.

Ao final do trabalho, na conclusão, além de consolidar sobre a sustentabilidade da energia solar, é demonstrado que, apesar dos impactos negativos, se os mesmos forem bem geridos, ela é a melhor energia para um país tropical como o Brasil. Em relação aos resíduos, sugerem-se, inclusive, mudanças em aspectos legislativos sobre o tema como forma de obter uma melhor preservação ambiental.

2 A ENERGIA, SUAS FORMAS E OS PRINCÍPIOS REGULADORES SUSTENTÁVEIS

A energia é fundamental para a vida humana, em todos os seus aspectos, seja no trabalho, lazer ou até mesmo no tratamento de doenças. Desde os primórdios da humanidade, o ser humano já a utiliza, seja para a alimentação, iluminação e/ou para afugentar os animais da época. Ela é muito importante para o desenvolvimento de um país, trazendo qualidade de vida para sua população e até mesmo gerando empregos. Contudo, o desenvolvimento deve ser de forma sustentável: todos ganham, tanto a população, o país, quanto o meio ambiente.

A energia, o meio ambiente e o desenvolvimento econômico são extremamente entrelaçados, conforme Hinrichs, Kleinbach e Reis (2010). Aqui, falar-se-á da energia e dos princípios que a regem e ao meio ambiente aliados ao desenvolvimento econômico, cujo marco teórico é o livro *Desenvolvimento como Liberdade* de Amartya Sen (2010), por ser a forma de desenvolvimento sustentável ideal, aliando meio ambiente, crescimento econômico e bem-estar de homens e mulheres.

Amartya Sen dá um novo enfoque ao desenvolvimento, levando em conta o bem-estar das pessoas, a inclusão da mulher no mercado de trabalho, o crescimento de todos conjuntamente, em contraposição ao entendimento que associa o desenvolvimento somente por meio de fatores como o crescimento do produto interno bruto, rendas pessoais, industrialização, avanço tecnológico ou modernização social. Segundo ele, o desenvolvimento tem que servir como liberdade e não aprisionamento apenas na economia.

2.1 Energia

Como definir a energia? De onde vem, aonde vai e para o que serviria? Neste trabalho, serão respondidas tais indagações mostrando-se os tipos de energia, ou seja, as energias limpas, as sustentáveis, principalmente com foco na energia fotovoltaica, por ser considerada renovável e limpa.

O conceito de energia e sua utilização evoluíram com o passar do tempo. Usada desde os primórdios da história humana, começou com o fogo, e foi usada na agricultura. Houve a descoberta da lâmpada, bem como a Revolução Industrial com a invenção da máquina a vapor. Vê-se que a evolução cultural da humanidade passou por alguns saltos decisivos, portanto. No século XVIII, a principal fonte de energia era o carvão, e muitas florestas foram queimadas para a sua produção, o que ocasionou sérias consequências ao meio ambiente, como poluição,

destruição e até mesmo alteração no clima. Seguindo na linha do tempo, a energia considerada não renovável passou para a fase da energia renovável pelos ventos, mares, sol e biocombustíveis.

Há muitas definições para a energia, têm-se a da Física, a jurídica e até mesmo a esotérica. Geralmente, costuma-se definir energia como “a capacidade de realizar um trabalho” (LUIZ, 2013, p. 18). Na Física, seria “a capacidade de realizar trabalho resultante do produto de uma potência pelo tempo. A unidade utilizada nas medições de energia elétrica é Watt-hora (Wh)” (CAMPOS, 2010, p. 10). Por outro lado, na definição jurídica, ter-se-ia o bem energia elétrica, que seria o “resultado de conversões energéticas a partir de fontes primárias de origens diversas (hidráulica, nuclear, solar, eólica, combustíveis fósseis, etc.)” (CAMPOS, 2010, p. 10).

Na concepção de Álvares (1974), a energia tem um toque mágico, e a energia material e a espiritual “sustentam-se mutuamente, devendo atuar no mundo uma única e só energia, a ponto da física já não saber se detém uma energia pura, ou se, pelo contrário, é o pensamento que lhe fica nas mãos” (ÁLVARES, 1974, p. 10). De forma análoga, Luiz (2013) postula que o conceito de energia é intuitivo. O importante seria “saber como uma forma de energia se converte em outra forma de energia” (LUIZ, 2013, p. 18).

Desde a formação do mundo, a energia está sempre presente. Ela impulsiona, movimenta tanto a vida dos homens, dos animais, quanto a vida das plantas. Começou sendo utilizada para esquentar, fazer o alimento, passando para a fase do trabalho e chegando até a indústria. Hoje, percebe-se “um ajustamento moderno que conduz a um dimensionamento de pan-energismo universal, e ninguém contesta a afirmação de que a energia é a palavra chave da moderna tecnologia” (ÁLVARES, 1974, p. 11). Ainda Álvares ao desenvolver trabalho sobre a energia afirma:

- a) que a energia não é coisa;
- b) pois não existe na forma tangível (como a matéria);
- c) não ocupa lugar no espaço;
- d) não pesa;
- e) não projeta sombra;
- f) não existe em forma pura;
- g) pois aparece unida com partícula material;
- h) ou está contida nesta. (ÁLVARES, 1974, p. 13)

A energia não pode ser tocada e nem ser pesada; entretanto, apesar de aparência invisível, ela é essencial para a qualidade de vida e até mesmo para a sobrevivência do homem. Exemplo para a sobrevivência seria a manutenção de aparelhos em unidades de tratamento intensiva (UTI) em hospitais. Como qualidade de vida, temos os exemplos do ar condicionado,

aquecedores, aparelhos eletrodomésticos e o veículo elétrico. Além do trabalho, moradia e alimentação.

Enfatizando esses aspectos, Hinrichs, Kleinbach e Reis (2010) destacam que a energia não pode ser vista, não se pode fazer, e nem ser destruída, mas seus efeitos são visíveis, podendo ser usada e desperdiçada. Seria “a capacidade para a ação vigorosa; força inerente; forças potenciais”. “Entender a energia significa entender os recursos energéticos e suas limitações, bem como as consequências ambientais de sua utilização” (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2010, p. 3). Essa utilização de um dos tipos de energia será um dos pontos importantes desta dissertação, pois se comprovará que mesmo a energia renovável e limpa pode causar algum impacto ao meio ambiente. Seguindo ainda o conceito de energia, enfatiza Campos (2010) que:

[...] após sua descoberta, a eletricidade fez parte das grandes invenções do século passado, por meio de múltiplas aplicações técnicas, passando, portanto, a ser amplamente utilizada pela sociedade global, e assim essa forma de energia foi atraída pela disciplina jurídica interna dos países e, também pelo ordenamento internacional. (CAMPOS, 2010, p. 1)

Assim, passa-se à definição da energia como disciplina jurídica, e o Direito de Energia é definido como o “ramo da ciência jurídica que estuda as relações jurídicas pertinentes à disciplina de utilização de resultantes tecnológicas da energia, com repercussão econômica” (ÁLVARES, 1974, p. 9).

O Direito de Energia é mais antigo que o Direito Ambiental, mas somente ganhou força a partir da década de 1970, quando se viu a necessidade de reduzir o uso das energias não renováveis, como o petróleo e o carvão. O uso excessivo da energia, pelos combustíveis fósseis acendeu um alerta em relação ao meio ambiente, à proteção da camada de ozônio, ao excesso de poluição na atmosfera terrestre. Depois dos Protocolos de Quioto¹ e o Acordo de Paris², percebeu-se a falência no uso dos combustíveis fósseis e que a nova matriz energética deveria ser de renováveis, que não comprometem o meio ambiente. Nesse sentido, Celso Fiorillo e Ferreira (2009) lecionam:

A energia é um bem ambiental tutelado na forma do que estabelece a Constituição Federal e balizado por meio de normas infraconstitucionais, a saber, as Leis Federais n. 6.938/81 (art. 3º, V) e n. 9.985/2000 (esta última regulamentando o art. 225, §1º, I,

¹ O Protocolo de Quioto, realizado em 1997, entre os países integrantes da Organização das Nações Unidas (ONU), foi firmado com o objetivo de se reduzirem a emissão de gases causadores do efeito estufa e o aquecimento global.

² Mediante o Acordo de Paris, realizado na 21ª Conferência das Partes (COP21), da UNFCCC, em Paris, foram adotados os objetivos centrais de fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima e reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças (ONU, 2017).

II, III e VII, da CF) estabelecem que a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora são recursos ambientais (art. 2º, IV), conforme suas diferentes formas, visando o aproveitamento das chamadas “fontes de energia”. (FIORILLO; FERREIRA, 2009, p. 49)

Além de ser um bem ambiental pela CF, a energia pode ter outras naturezas jurídicas diversas, como penal, civil, administrativa, tributária e consumo. Aqui se limitará a tratar a energia apenas na esfera ambiental juntamente com o desenvolvimento econômico. Por sua vez, Ferreira (2008) destaca que:

A exploração da energia compreende a relação de dois componentes relevantes para a regulação jurídica: os recursos (fontes) e o resultado do processo de aplicação tecnológica sobre as fontes/recursos, gerando um produto que possui valor econômico e social. E essas espécies energéticas produzidas são consideradas na condição de bem de duplo significado: são simultaneamente, bem econômico e bem social. (FERREIRA, 2008, p. 293)

Dessa forma, a exploração da energia deve levar em conta as fontes, a tecnologia aplicada, o bem econômico e o bem social. O valor econômico deve estar alinhado ao bem-estar da população, com o seu crescimento. Deve haver desenvolvimento conjunto de todas as partes envolvidas, para o bem de todos, conforme Amartya Sen.

O modo como a energia se apresenta é fundamental para a vida humana; na CF, ela está inserida no capítulo do meio ambiente, pois a utilização dos recursos energéticos o afeta diretamente. Nessa esteira, menciona Campos (2010) que a energia tem relação direta com o meio ambiente: por menor que seja a sua produção, causa impacto ambiental. Para uma melhor diferenciação e entendimento doutrinário, ao longo do tempo procurou-se classificar e diferenciar as várias formas da energia, que serão descritas a seguir.

2.2 As formas da energia

As formas de energia foram divididas, conforme menciona Luiz (2013), em fontes energéticas não renováveis e fontes energéticas renováveis. Nas não renováveis, estariam as oriundas dos combustíveis fósseis e nucleares; no primeiro grupo, estariam o gás natural, o petróleo, o carvão, a turfa, as areias betuminosas e o xisto. No segundo grupo, estariam as “substâncias usadas em reatores de fissão e em reatores de fusão” – esse grupo está na categoria das não renováveis, por terem as reservas finitas.

De acordo com Fiorillo e Ferreira *apud* Vichi e Mello (2009), a energia é classificada em: primária, fornecida pela natureza, como o petróleo, o gás natural, o carvão

mineral, a lenha; secundária, obtida da fonte primária nos centros de transformação, como o óleo, gasolina, diesel, eletricidade. Os centros de transformação, para os autores, são os locais de conversão da energia primária em secundária, sendo citados os exemplos das refinarias de petróleo, das usinas de gás e hidrelétricas. Ensina Álvares (1974) que a energia pode ser apresentada como:

- a) energia de massas, donde toda matéria é uma forma fenomênica de energia, e, segundo o princípio da relatividade, massa e energia se equivalem, e quando a massa se expressa em forma de energia, daí a fórmula $E=mc^2$, isto é, energia é igual à massa multiplicada pela velocidade da luz ao quadrado;
- b) energia cinética, a de todo corpo que se move em relação a outro;
- c) energia gravitatória;
- d) energia eletromagnética;
- e) energia nuclear;
- f) energia hidráulica;
- g) energia térmica;
- h) energia solar, das marés, eólica, dos combustíveis (fósseis e físséis) e um desdobramento interminável, desta indefinível energia como estofa do universo. (ÁLVARES, 1974, p. 14)

O estudo da energia é amplo e comporta várias divisões. Seguindo os ensinamentos de Silva *et al.* (2002), na Física, por exemplo, classifica-se em cinética, que é relacionada com o movimento e seria a atração entre os corpos; em gravitatória, que se relaciona com a gravidade emanada do centro da terra; em eletromagnética, realizada por meio de ondas elétricas e magnéticas que percorrerem o espaço; e em nuclear. A energia nuclear é a “gerada pelos processos de fissão³ ou fusão nuclear⁴” (SILVA *et al.*, 2002, p. 95).

O dicionário dá o significado de energia como “capacidade de realizar trabalho” (SILVA *et al.*, 2002, p. 94) e faz inúmeras classificações: energia hidráulica, que é proveniente da água. A energia térmica seria aquela proveniente da vibração molecular, “comumente chamada de calor” (SILVA *et al.*, 2002, p. 96).

Existe ainda a energia maremotriz, também conhecida como energia das marés – trata-se da energia elétrica obtida por meio das ondas do mar. É considerada a energia oceânica mais “utilizada, embora tenha alto custo, [e] provém as barragens que usam a variação das marés para mover turbinas. É preciso haver um desvio considerável entre as marés alta e baixa, “para essas barragens serem viáveis” (CEMIG, 2012).

³ Fissão nuclear é o processo físico que consiste na divisão do núcleo de um átomo considerado instável em dois núcleos menores por meio do bombardeamento de partículas como nêutrons. Esse processo é uma reação química exotérmica e ocorre quando há grande liberação de energia (SIGNIFICADOS, s.d.).

⁴ Fusão nuclear é o processo no qual dois ou mais núcleos atômicos se juntam e formam outro núcleo de maior número atômico. A fusão nuclear requer muita energia para acontecer e geralmente libera muito mais energia do que consome (SIGNIFICADOS, s.d.).

Para que essa energia seja revertida em eletricidade é necessária a construção de barragens, eclusas, as quais permitem a entrada e saída de água, “represando-se a maré em estuários ou em baías de entrada estreita” (VIDIGAL *et al.*, 2006, p. 144). A água flui pelas turbinas, gerando energia.

A energia eólica seria a proveniente dos ventos, por meio das pás (aerogeradores) em forma de cataventos gerando a energia elétrica. É considerada fonte de grande importância para o Brasil, dada “a abundância desse recurso natural no país” (CEMIG, 2012).

Tem-se a energia solar, proveniente do sol, considerada uma ótima alternativa de energia no Brasil, por ser renovável e limpa, sobre a qual se falará mais adiante (tema deste trabalho).

A energia dos combustíveis fósseis, utilizada por muito tempo pela população mundial, é considerada não renovável, finita e altamente impactante para o meio ambiente. Como exemplo, têm-se o petróleo, gás natural e carvão mineral. O petróleo, “um líquido oleoso composto de vários hidrocarbonetos”, “é conhecido pelo homem desde a Antiguidade” (CEMIG, 2012), sendo uma fonte energética importante e fornecedor de matéria-prima para muitas cadeias produtivas.

“O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos gasosos composta, principalmente, por metano (CH₄)” (CEMIG, 2012, p. 40). Conforme mencionado pela Cemig (2012), foi muito utilizado depois do apagão de 2000-2001 pelas termelétricas. “Essas usinas utilizam turbinas a gás e o gás da combustão é usado para fazer girar uma turbina e então gerar energia elétrica em um gerador” (CEMIG, 2012, p. 42).

O carvão mineral é constituído de carbono, e geralmente é obtido pela queima de florestas. Segundo informação da Cemig (2012), foi muito utilizado na época da máquina a vapor, nas locomotivas e no aquecimento de casas. O impacto do carvão no meio ambiente é enorme, pois provoca a degradação ambiental, coloca algumas espécies em extinção e gera a poluição atmosférica.

Assim, desde a década de 1970, com a crise do petróleo, “a sociedade mundial vem buscando alternativas energéticas para manter seu ritmo acelerado de desenvolvimento” (CUSTÓDIO; VALLE, 2015, p. 5). A crise do petróleo teve início quando se descobriu na referida década que o recurso natural não era renovável, conforme ensina Gasparetto Junior (s.d.). Por isso, o preço do petróleo sofreu muitas variações desde então, marcando efetivamente a sua crise. Aliado a isso, teve curso, ainda na década de 1970, a Conferência de Estocolmo em prol do meio ambiente; e também, na mesma época, houve acidentes com navios de petróleo no mar, matando várias espécies e causando estrago ambiental muito grande.

Com a introdução do princípio de desenvolvimento sustentável, percebeu-se que novas alternativas para a utilização da energia deveriam ser utilizadas, intensificando-se, dessa maneira, o estudo e o uso de energias renováveis e de alternativas. Deveria ocorrer a busca por novas formas da matriz energética.

Assim como esforços com o intuito de reduzir o uso de energias de origem fóssil (principalmente carvão e petróleo), está havendo aumento significativo no uso das energias renováveis (eólicas, solares, geotérmicas e de biomassas).

Conforme Guerra e Youssef (2011), graças à energia ter ganhado tal amplitude, inúmeras dimensões da economia estão ligadas a ela, sendo, portanto, de poder estratégico, pois engloba questões econômicas e o desenvolvimento sustentável. E ensinam Custódio e Valle (2015, p. 20) que

Existem três tipos comuns de matrizes energéticas:

- a) as tradicionais: derivadas de combustíveis fósseis como petróleo, carvão mineral e gás, dominam a produção energética mundial, mas são finitas e altamente impactantes para o meio ambiente e geram, a partir de suas queimas, gases de efeito estufa.
- b) as alternativas: são alternativas às tradicionais sendo o gás – que existe em maior abundância – a energia nuclear e as energias renováveis. Surgem como alternativa à escassez especialmente do petróleo, e começam a ser pensadas a partir da década de 70 quando ocorre a primeira crise mundial do petróleo.
- c) as renováveis: o conceito de energia renovável refere-se a origem dessa energia, ou seja, ao recurso natural da qual é proveniente. As fontes de energia renováveis são aquelas nas quais o elemento natural possui a capacidade de autorregenerar-se ou de ser renovado pela ação humana, tendo como seus maiores expoentes o sol, o vento os rios e correntes de água, as marés terrestres, as massas aquecidas do interior da terra, a biomassa e outras ainda em processo de pesquisa.

Cabe, então, a diferenciação entre as energias alternativas, limpas e renováveis. Apesar de serem usadas como sinônimas, cada uma delas tem sua peculiaridade, e são institutos diferentes. Segundo Simioni (2006),

Energia “alternativa” refere-se, em geral, àquelas formas de energia fora do padrão dominante, isto é, distinta das ligadas aos combustíveis fósseis (petróleo, carvão, gás natural e urânio). Mas não indica necessariamente que serão renováveis, pois há combustíveis fósseis alternativos, como o xisto, gás de carvão, a turfa e as areias oleosas. (SIMIONI, 2006, p. 106)

A energia alternativa é classificada no dicionário como “energia obtida de fontes diferentes das usadas nas grandes usinas comerciais, atualmente as usinas térmicas convencionais, as hidroelétricas e as térmicas nucleares” (SILVA *et al.*, 2002, p. 95). As energias alternativas podem causar tantos problemas ambientais quanto as energias tradicionais, quando não forem renováveis. Quando elas utilizam fontes renováveis, causam pouca poluição,

e poder-se-ia citar como exemplos: as energias solar, eólica e maremotriz. Também nos dizeres de Simioni (2006),

A energia renovável (hidroeletricidade, eólica, solar, biomassa, geotérmica, dos oceanos), como o próprio adjetivo indica, se renova de forma natural (o sol, a água dos rios, marés, ondas, geotermia e ventos) ou antrópica (plantio de fontes de biomassa, utilização de dejetos de humanos e animais). (SIMIONI, 2006, p. 106)

Conforme o próprio nome diz, energia renovável seria aquela cujo recurso natural que a origina se renova sempre na natureza, além de emitir muito menos gases de efeito estufa na atmosfera que as energias fósseis. Muitas vezes, fontes consideradas renováveis não podem ser consideradas limpas, e apenas as fontes que não se esgotam podem ser caracterizadas como renováveis.

A energia limpa seria aquela “que não produz ou produz o mínimo de gases de efeito estufa” (CUSTÓDIO; VALLE, 2015, p. 22). Seria essa, pois, a energia que menos agride o meio ambiente e a população. E toda energia limpa é também uma energia renovável. Entretanto, não existe uma energia que seja completamente limpa.

2.2.1 Energia renovável

A energia renovável é aquela gerada e fornecida de modo a atender às necessidades atuais sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazerem às suas necessidades. É uma energia que sempre se renova, é sustentável e não produz gases de efeito estufa. Ela é uma energia muito antiga, não se esgota e se apresenta como fonte alternativa, garantindo a sustentabilidade ambiental na exploração dos recursos naturais, conforme Xavier, Alves e Guimarães (2013).

“As energias renováveis sem sombra de dúvidas são mais eficientes e menos poluentes que as de fontes fósseis. Contribuem para reduzir a dependência energética” da utilização dos combustíveis fósseis (CUSTÓDIO; VALLE, 2015, p. 25).

Como é extraída dos recursos naturais, e estes estão sempre se renovando, a energia renovável é uma ótima alternativa para o meio ambiente. Conforme definição da Agência Internacional de Energia, ela se deriva de processos naturais que se repõem constantemente.⁵ Para a IEA (2002), a energia renovável está no centro da transição para um sistema de energia menos intensivo em carbono e mais sustentável. As energias renováveis cresceram rapidamente

⁵ “En la definición de la Agencia Internacional de la Energía, la energía renovable se deriva de procesos naturales que se reponen constantemente” (IEA, 2002).

nos últimos anos, acompanhadas de fortes reduções de custos para a energia solar e a energia eólica em particular. E informam Lima e Machado Júnior (2016, p. 192) que

A energia renovável é originada de recursos naturais, que apresentam taxa de renovação igual ou superior a taxa de utilização.

As fontes de energia renováveis, em razão das características da sua geração, não produzem gases de efeito estufa e por essa razão são consideradas alternativas ao modelo francamente majoritário, baseado em combustíveis fósseis, tais como o carvão, o petróleo e o gás.

Como o próprio nome diz, renovável é a energia cujos recursos naturais utilizados na sua produção estão em constante renovação na natureza, como o sol, vento e ondas do mar. Segundo Boyle (2007), as tecnologias da energia renovável se permitem renovar constantemente para produzir energia elétrica, de um modo sustentável sem agredir muito ao meio ambiente e ao ser humano. A renovação constante evitaria o desgaste do ambiente natural, e não haveria a produção de gases de efeito estufa, que agridem a saúde da população.

Para Guerra e Youssef (2011), o tema das energias renováveis tem se revelado de grande importância para as relações econômicas mundiais, atuando até nas transformações geopolíticas, pois, além da questão ambiental, da redução dos gases de efeito estufa na atmosfera, têm-se o aumento da qualidade de vida e, ainda, a geração de 9,8 milhões de empregos no mundo, conforme relatório da Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA). Em 2010, Veiga pensou que, apesar dos “recentes progressos na área de energias renováveis, realizadas no Brasil ou na China, nem de longe garantiriam que tais países chegassem a ter condições de gerar inovações mais decisivas, que certamente trariam aproveitamentos mais diretos da energia solar” (VEIGA, 2010, p. 27).

Entretanto, de lá para cá, já se passaram oito anos, e muita coisa mudou. O Brasil cada vez mais cresce nesse setor, juntamente com a China, depois de ambos os países terem se proposto a mudar radicalmente por causa do efeito das mudanças climáticas. A energia solar brasileira vem gerando grande oportunidade de empregos e trazendo à população maior qualidade de vida, não chegando, contudo, ainda, ao modelo ideal de desenvolvimento sustentável de Amartya Sen, no qual o crescimento econômico e a qualidade de vida humana andam e crescem juntos.

De acordo com Bursztyn *et al.* (2012), as energias renováveis oferecem a oportunidade de energia com inegáveis benefícios econômicos, sociais e de menor impacto ambiental. Os benefícios econômicos estariam na obtenção fácil da matéria-prima usada para esse tipo de energia; e quanto aos benefícios sociais estaria o aumento da qualidade de vida da população, já que não causam poluição ambiental nem degradam tanto o meio ambiente, além

de promoverem o aumento dos empregos. Por sua vez, sustenta Araújo (2011) citado por Silva *et al.* (2002) que:

Em busca da sustentabilidade, as energias renováveis são um instrumento importantíssimo, tanto visando diminuir a dependência das energias não renováveis como os combustíveis fósseis, quanto por serem consideradas energias limpas e, portanto, não emissoras de gases de efeito estufa, que provocam as alterações climáticas. Dentre os principais representantes das energias renováveis encontram-se a energia de biomassa, obtida a partir de matéria animal ou vegetal, ou a produzida a partir dos resíduos orgânicos e do lixo, a energia eólica, obtida a partir do vento, a energia hidrelétrica, produzida a partir da força da água, energia solar, obtida diretamente do sol e energia geotérmica, ou seja, aquela proveniente do calor interno da terra. (SILVA *et al.*, 2002, p. 95-96)

A energia renovável se apresenta de forma cíclica, e suas fontes podem ser utilizadas para a geração de eletricidade, geração de calor, produção de combustíveis e outros. Em países em desenvolvimento, as fontes renováveis contribuem para uma matriz energética diversificada e auxilia no crescimento. Fontes de energia renovável, como o vento, sol e biocombustíveis, podem e devem ser usadas para a preservação do planeta e melhor qualidade de vida de seus habitantes.

França e Deboni (2017), *apud* Martin (2005), sustentam que o World Watch Institute “demonstra que as energias renováveis têm o suficiente potencial para satisfazer a demanda mundial de energia e estão preparadas para serem utilizadas em escala global” (FREITAS; MILKIEWICZ, 2017, p. 191).

As energias renováveis, se forem mais bem aplicadas, apresentam um grande potencial para a questão energética mundial. O sol, vento, biomassa e ondas dos mares estão presentes em todo o mundo, precisando apenas de uma vontade maior dos governantes para serem aplicadas. A exploração da água, vento e energia solar direta não modifica o ambiente, pois não causa mudança na composição molecular ou atômica da matéria, não degrada tanto o meio ambiente. Se alguma mudança é ocasionada, seriam produzidos apenas alguns resíduos.

Um marco importante para as energias renováveis ocorreu em junho de 2004, em Bonn, na Alemanha, na Conferência Internacional sobre Energias Renováveis, onde os principais assuntos discutidos foram a mudança do uso das energias de combustíveis fósseis por energia renovável, as políticas para o desenvolvimento das fontes renováveis de energia, as opções de financiamento para essas fontes com o reforço da capacitação humana e institucional dos países. À época, anunciou-se que haveria, para os próximos 30 anos, investimentos de US\$ 16 trilhões na infraestrutura da oferta de energia – fundamentais para acelerar a transição do sistema energético mundial para o desenvolvimento sustentável (COSTA; PRATES, 2005).

Nesses 14 anos depois da conferência, o uso da energia renovável vem aumentando gradativamente, e seu acesso está cada vez mais fácil e barato. Segundo a Agência Internacional de Energia,

[...] quatro mudanças em grande escala no sistema de energia global estabeleceram o cenário para o World Energy Outlook 2017: a rápida implantação e a queda dos custos das tecnologias de energia limpa, a crescente eletrificação da energia, a mudança para uma economia mais orientada para os serviços e uma energia mais limpa na China, e a resiliência do gás de xisto e óleo apertado nos Estados Unidos. Essas mudanças ocorrem em um momento em que as distinções tradicionais entre produtores e consumidores de energia estão embaçadas e um novo grupo de grandes países em desenvolvimento, liderado pela Índia, se move no centro do palco. (IEA, 2018)

O crescimento das energias renováveis não se limita ao setor de energia (IEA, 2018). No Brasil, a participação do uso direto e indireto de energia renovável no consumo final de energia passará de 39%, hoje, para 45%, em 2040, em comparação com uma progressão global de 9% para 16% no mesmo período. Ainda no Brasil, num balanço realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), foi constatado aumento das energias renováveis na matriz elétrica brasileira de 74,6% para 75,5%. O país está numa crescente utilização de energia eólica, solar, biomassa e outras consideradas renováveis e de melhor sustentabilidade.

Entretanto, apesar do crescimento no uso das energias renováveis no mundo e na matriz brasileira, o modelo de desenvolvimento sustentável defendido por Amartya Sen está longe de ser alcançado. Realmente, há o crescimento somente econômico, mas o social cada dia mais é deficitário, com saúde e qualidade de vida precárias.

No Brasil, “o consumo crescente e o impacto ambiental e social causados pelas fontes de energias tradicionais levaram o governo e a sociedade a pensarem em novas alternativas para geração de energia elétrica” (BERMANN, 2008). Isso levou à publicação da legislação pertinente à matéria, que será vista posteriormente.

Em 2016, o aumento da capacidade instalada de geração de energia renovável mundial bateu um recorde, e foi a primeira vez que a fonte de energia solar mais se destacou (47%), seguida pela eólica (34%) e hidroelétrica (15,5%); estes dados são do *Relatório Estado Global das Renováveis* (GSR) de 2017, produzido pela Rede de Políticas de Energias Renováveis para o Século 21 (REN 21). “Nunca se investiu tanto em fontes limpas e renováveis. Novas tecnologias e modelos de negócio abrem espaço principalmente para o sol, o vento e a biomassa. Destaque para o sol, que é fonte de energia que mais cresce no mundo” (TRIGUEIRO, 2017, p. 13).

Na 8ª Assembleia Geral da Irena, em Abu Dhabi, o Brasil entrou para o centro das discussões mundiais sobre a expansão das chamadas energias verdes. “Entre os países que integram o grupo dos Brics, o Brasil lidera com folga o ranking de produção de energias renováveis” (SEGALLA, 2018). Já na União Europeia, as energias renováveis representam 80% da capacidade nova.

Seguem sendo elaboradas políticas para apoiar a eletricidade renovável em todo o mundo, cada vez mais mediante leilões competitivos em vez de tarifas de alimentação, e a transformação do setor de energia é ampliada por milhões de famílias, comunidades e empresas que investem diretamente em energia solar distribuída.

Constata-se que a energia renovável está cada dia mais crescente e atingindo grande parte dos países, para melhor qualidade de vida e maior rendimento energético. O presente trabalho destacará apenas a energia solar, dentre as renováveis, tendo em vista que é o tipo de energia ideal para atingir o desenvolvimento sustentável, com a devida preservação do meio ambiente.

Todavia, antes de adentrar na matéria de energia do sol especificamente, falar-se-á dos princípios que orientam a lidar com a matéria ao se deparar com lacunas legislativas. Na pesquisa desenvolvida, foram encontradas mais bibliografias na área da Engenharia que do Direito.

O Direito de Energia começou a ser escrito por volta dos anos 1970, no século passado; e com isso ainda hoje se tem pouca doutrina sobre a matéria. Depois da criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)⁶, o Direito de Energia, já com pouca doutrina, passou a ser regido por resoluções. Assim, para delimitar bem seu objeto, serão os princípios que darão o alicerce dessa matéria e garantirão as diretrizes de como atuar na disciplina. Como é um direito basicamente regulatório, o estudo dos princípios é importante para nortear o modo de lidar com a matéria.

⁶ ANEEL, criada pela Lei nº 9.427/1996, é uma autarquia sob o regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, com sede e foro no Distrito Federal e prazo de duração indeterminado (artigo 1º da Lei nº 9.427/1996). A agência tem por finalidade a regulação e a fiscalização da produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do Governo Federal (BRASIL, 1996).

2.3 Princípios concernentes ao meio ambiente e à energia

Não há como separar o meio ambiente e a energia, pois um complementa o outro e juridicamente estão elencados juntos no texto constitucional. Dessa forma, falar-se-á sobre os princípios que se aplicam conjuntamente às duas matérias.

Por ser o Direito de Energia mais regulatório, ainda com pouca legislação que o rege e pouca doutrina jurídica sobre a matéria. Os princípios jurídicos são muito importantes para que se tenha um norte em sua aplicação, em como se deve proceder para a preservação ambiental, atingir um desenvolvimento sustentável e promover energia renovável. O Direito, como ciência que é, necessita dos postulados da Filosofia das Ciências e dos princípios constitutivos para que possa ser autônomo, existir por si, de acordo com Milaré (2010).

Princípio, como o próprio nome diz, é o que vem primeiro, é o básico, o fundamental. Os princípios são o alicerce de determinada matéria, de um determinado direito, para ter-se um norte e orientar como proceder. “Princípios são, tanto quanto as regras, razões para juízes concretos de dever-ser, ainda que de espécie muito diferente” (ALEXY, 2015, p. 87). Os princípios são mandamentos de otimização caracterizados por poderem ser satisfeitos em variados graus, e sua satisfação não depende somente de possibilidades fáticas, mas também das possibilidades jurídicas. Ensina Alexy que, se houver colisões entre os princípios,

Estas devem ser solucionadas de forma completamente diversa. Se dois princípios colidem – o que ocorre, por exemplo, quando algo é proibido de acordo com um princípio e, de acordo com o outro permitido –, um dos princípios terá que ceder. Isso não significa, contudo, nem que o princípio cedente deva ser declarado inválido, nem que deverá ser introduzida uma cláusula de exceção. Na verdade, o que ocorre é que um dos princípios tem precedência em face do outro sob determinadas condições... Isso é o que se quer dizer quando se afirma que, nos casos concretos, os princípios têm pesos diferentes e que os princípios com o maior peso têm precedência. (ALEXY, 2015, p. 93)

Os princípios constituem fonte do direito, eles fazem parte de suas regras estruturais, dizem respeito à relação entre as normas no sistema, ao qual conferem unicidade. Assim, são os princípios parte da estrutura do sistema, “são regras de coesão que constituem as relações entre as normas como um todo” (FERRAZ JR., 2010, p. 213). Conforme, Ferraz Junior (2010), as regras estruturais são responsáveis pela imperatividade do sistema.

“Os princípios gerais de Direito garantem, em última instância, o critério de julgamento” (NADER, 2010, p. 199). Os princípios são aplicados quando existe uma lacuna nas leis, e, dessa forma, servem como guias. Eles dão a sustentação do ordenamento jurídico, a orientação devida quando existem lacunas no Direito e na legislação. “Os princípios não

determinam absolutamente a decisão, mas somente contém fundamentos, os quais devem ser conjugados com outros fundamentos provenientes de outros princípios” (ÁVILA, 2008, p. 36).

Ao se legitimar como um ramo independente, o Direito Ambiental tem alguns “princípios ou mandamentos básicos que fundamentam o desenvolvimento da doutrina e que dão consistência às suas concepções” (MILARÉ, 2001, p. 111). Esses princípios ambientais servem para a proteção do meio ambiente e também, para a tutela do Direito de Energia. Alguns deles apareceram nas conferências internacionais sobre o meio ambiente.

Para Lanchoti (2014), os princípios do Direito Ambiental norteiam as decisões judiciais, para que ocorra a devida proteção ao meio ambiente. Dessa forma, os princípios ambientais começaram a parecer de forma expressa nas convenções ou declarações internacionais sobre o meio ambiente.

Para fazer uma análise da energia renovável, mais especificamente da energia solar, é necessário falar sobre os princípios do Direito Ambiental e do Direito de Energia. Segundo Custódio (2016), não há como separar os princípios do Direito de Energia com os do Direito Ambiental, “já que ambas as esferas orbitam entre si” (FREIRE, 2016, p. 6).

2.3.1 Princípio do ambiente ecologicamente equilibrado como direito fundamental à vida

O meio ambiente é essencial à vida em todas as suas formas, inclusive a humana. Nesse sentido, Beatriz Souza Costa entende que “Meio ambiente é o conjunto de elementos naturais e artificiais partilhados com seres humanos e não humanos necessários ao desenvolvimento e sobrevivência dessas espécies de forma harmônica e solidária” (COSTA, 2016, p. 73).

Desse modo, o desafio humano é conciliar a preservação ambiental com o crescimento econômico, para a sobrevivência das espécies presentes e futuras. O meio ambiente é essencial para a existência da vida humana e demais seres vivos.

Na década de 1970, o ser humano percebeu que os recursos naturais não eram inesgotáveis, como se pensava até então, e, dessa forma, se não fosse tomada uma mudança de atitude, o próprio homem sofreria com as consequências da superutilização do meio ambiente. Foi a partir de então que começaram a surgir as discussões dos países por melhores qualidade de vida e preservação ambiental.

A Declaração de Estocolmo das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano de 1972 determinou que “o homem tem o direito fundamental à liberdade, à igualdade, e ao desfrute de

adequadas condições de vida em um meio cuja qualidade lhe permita levar uma vida digna e gozar de bem-estar” e com obrigações para as gerações atual e futuras (ONU, 1972). De acordo com Raminelli e Thomas,

[...] como o direito ambiental visa proteger e a manter as mínimas condições de “vida” para as futuras gerações, possui também uma característica prospectiva, resta dizer, voltada para o futuro. É a aplicação direta do conceito de desenvolvimento sustentável que, de acordo com o Relatório Bruntland, de 1984: “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades”. Inserido nesse contexto está também o direito Intergeracional, o qual aparece pela primeira vez na Declaração de Estocolmo de 1972, a qual preleciona: “o homem tem a solene responsabilidade de proteger e melhorar o meio ambiente para a atual e as futuras gerações”. (RAMINELLI; THOMAS, 2012, p. 49)

E continuam:

Esse direito das futuras gerações é legítimo, porquanto existe para proteger exatamente aqueles que sequer nasceram. Destarte, o interesse no meio ambiente é, no mínimo, inteligente, em vista todos sermos proprietários (e dependentes) dele. Nesse sentido, somente a sociedade possui o direito de decidir o melhor rumo a tomar e as consequências a arcar, jamais empresas ou indivíduos isoladamente. É o princípio da prevalência do interesse público, o qual dita que o interesse de todos está acima do individual. (RAMINELLI; THOMAS, 2012, p. 50)

De acordo com Fernando Simón Yarza, o Direito do Meio Ambiente é reconhecido em todas as novas constituições, desde a Declaração de Estocolmo de 1972. Essa já mencionava o direito do homem de desfrutar de condições adequadas em um meio ambiente de qualidade, para ter uma vida digna e de bem-estar (YARZA, 2012).

Na década de 1970, poucas constituições falavam sobre o meio ambiente. Já na década de 1980, com a globalização ambiental, o meio ambiente tornou-se importante nas constituições dos diversos países.

A Constituição da República do Brasil dispôs, no seu art. 225, que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988). Apesar de não constar expressamente do rol dos direitos fundamentais, o meio ambiente é considerado como tal, pelas razões expostas a seguir.

O ideal é conseguir o equilíbrio ambiental, também chamado equilíbrio ecológico, que seria a ideia de todos os organismos vivos estarem de algum modo inter-relacionados com o meio ambiente natural sem fossilizar o meio ambiente, conforme Benjamin (2008).

A partir da Conferência Rio/92, houve maior preocupação na proteção do meio ambiente como um todo. Os países participantes da conferência perceberam que o meio ambiente não suportava mais fronteiras, ou seja, o meio ambiente não seria um problema individual de cada país, mas um problema global, de todos: o mundo inteiro seria afetado com a não preservação ambiental.

O ar, água e alimentos são todos fundamentais à existência das espécies; e só com um meio ambiente equilibrado conseguir-se-á mantê-los próprios para a saúde e a vida. Verifica-se que a qualidade do meio ambiente está diretamente relacionada à qualidade de vida e ao próprio direito à vida. Nesse entendimento, Silva pontua que

A qualidade do meio ambiente em que a gente vive, trabalha e se diverte influi consideravelmente na própria qualidade de vida. [...] A qualidade do meio ambiente transforma-se, assim, num bem ou patrimônio, cuja preservação, recuperação ou revitalização se tornaram um imperativo do Poder Público, para assegurar uma boa qualidade de vida, que implica boas condições de trabalho, lazer, educação, saúde, segurança – enfim, boas condições de bem-estar do Homem e de seu desenvolvimento. (SILVA, 2011, p. 46)

Como a vida é um direito fundamental, o meio ambiental também é um direito fundamental de terceira geração. Assim, conforme o grau de importância de determinado direito, ele se classifica em primeira, segunda, terceira e quarta geração. Nos de primeira geração, estariam a liberdade, igualdade e fraternidade. Os de segunda geração são “os direitos sociais, culturais e econômicos” (BONAVIDES, 2007, p. 564). Considera-se direito fundamental de terceira geração a fraternidade, ou seja, não seria a proteção somente individual, mas de toda a coletividade.

São enumerados, por Bonavides, cinco “direitos da fraternidade, ou seja, de terceira geração: o direito ao desenvolvimento, o direito à paz, o direito ao meio ambiente, o direito de propriedade sobre o patrimônio comum da humanidade e o direito de comunicação” (BONAVIDES, 2007, p. 569). Ferreira Filho (2000, p. 62) afirma: “de todos os direitos da terceira geração, sem dúvida o mais elaborado é o direito ao meio ambiente”.

Segundo Milaré (2001), o reconhecimento do direito ao meio ambiente sadio configura-se como extensão do direito à vida, no enfoque da própria existência física e saúde dos seres humanos ou no aspecto da dignidade desta existência, a qualidade de vida.

A CF/88 considera o meio ambiente como um direito fundamental, conforme expresso no artigo 225, que declara que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras

gerações” (BRASIL, 1988). Nesse raciocínio, Thomé (2014) afirma que os direitos fundamentais não se restringem apenas ao mencionado no art. 5º da CF/88: “Tais direitos são também fundamentais por repercutirem sobre a estrutura básica do Estado e da sociedade, caracterizando a chamada fundamentalidade material” (THOMÉ, 2014, p. 123).

A importância desse princípio neste trabalho é o ambiente necessitar de equilíbrio para todas as espécies com a preservação das vidas nele inseridas, atingindo o pleno desenvolvimento sustentável, mesmo depois da utilização das energias renováveis, no caso aqui descrito, o da energia solar.

2.3.2 Princípio do desenvolvimento sustentável

O que é o desenvolvimento? O desenvolvimento indica um processo por meio do qual as potencialidades de um objeto ou de um organismo são liberadas até a sua forma material e completa.

Para Sen (2010), o desenvolvimento não seria apenas o crescimento de determinado lugar, mas englobaria muito mais, como as liberdades humanas, aumento das rendas pessoais, direitos civis, como as liberdades de participar de discussões e averiguações públicas, e serviços de educação e saúde. Assim sendo, seria diferente entre os diversos países, variando no tempo e no espaço. “O desenvolvimento requer que se removam as principais fontes de privação de liberdade, pobreza e tirania, carência de oportunidades econômicas e destituição social sistemática, negligência dos serviços públicos” (SEN, 2010, p. 16).

O desenvolvimento sustentável não é sinônimo de crescimento econômico, porque o crescimento econômico não pode ser um fim em si mesmo: o desenvolvimento deve sempre estar aliado com a melhoria da vida dos indivíduos, com o fortalecimento de suas liberdades, conforme ensina Amartya Sen.

O desenvolvimento apresenta-se de várias formas. Pode-se apresentar como liberdade, logo seria um instrumento facilitador da vida, pois não se tem liberdade quando não há opções de escolhas. Pode-se apresentar como emancipação humana, em questões básicas, citando a dignidade humana. Também pode se apresentar como evolução, segundo a teoria de Charles Darwin, naturalista britânico que propôs a teoria da evolução. E, por fim, como um fenômeno contencioso que implica dizer que uma mudança nem sempre gerará resultados positivos.

Há diferentes noções de desenvolvimento: imanente, espontâneo e inconsciente. O desenvolvimento indica uma mudança favorável, do simples para o complexo; do inferior para

o superior; do pior para o melhor. O subdesenvolvimento é um problema para o desenvolvimento. O desenvolvimento não é crescimento, mas não há crescimento sem desenvolvimento. E o crescimento pode ocorrer sem se envolver com desigualdade ou pobreza.

E o que seria o desenvolvimento sustentável? Por um longo período de tempo, o termo desenvolvimento sustentável esteve ligado a um termo economicista, ou seja, colocado no lugar do meio ambiente, o concreto. Seria o valor econômico da natureza.

O desenvolvimento sustentável deve ser entendido como um postulado normativo, por ser bem mais amplo que um princípio. Ele é intergeracional, sendo presente para as futuras gerações, conforme estabelece a Constituição Federal de 1988, no artigo 225, *caput*. Também está presente no artigo 170, VI, onde seria a harmonia entre o meio ambiente e o desenvolvimento econômico (BRASIL, 1988). Segundo, Freire (2016, p. 6),

O princípio do desenvolvimento sustentável está atrelado ao fato de que o crescimento econômico proveniente de recursos naturais, de toda e qualquer atividade produtiva, seja legado a gerações vindouras, perpetuando assim o crescimento e a fruição daquele recurso futuramente. O acesso futuro a esses recursos deve ser garantido.

Em 1983, foi criada pela Organização das Nações Unidas uma comissão para avaliar os resultados da Conferência de Estocolmo e ainda propor estratégias para se alcançar o desenvolvimento sustentável em curto e longo prazo: a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD, 1991, p. X). A conferência veio para solucionar o dilema, como conciliar a proteção ambiental com o desenvolvimento?

Em abril de 1987, a Comissão Brundtland, publicou o relatório intitulado como o *Nosso Futuro Comum*, que trouxe o conceito de desenvolvimento sustentável. “O desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades” (CMMAD, 1991).

Na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada na cidade de Rio de Janeiro, em junho de 1992, foi aprovada a Declaração do Rio sobre o meio ambiente e o desenvolvimento, uma proposição das Nações Unidas para promover o desenvolvimento sustentável. Nessa declaração, foram formulados 27 princípios sobre o desenvolvimento sustentável.

Segundo Garcia (2016), essa foi considerada a “Conferência da Esperança”, pela proposta do desenvolvimento sustentável e a agenda proposta para o século XXI. A seguinte, em Johannesburgo, em 2002, foi denominada “Conferência da Indiferença”, pois não trouxe os resultados esperados.

Assim, “pelo desenvolvimento sustentável busca-se compatibilizar da forma mais harmônica possível e desenvolvimento econômico-social e a preservação da qualidade do meio ambiente” (FIORILLO; FERREIRA, 2009, p. 14).

Mas qual seria o objetivo máximo do desenvolvimento? Seria a satisfação de um determinado povo, por um determinado período. A resposta é diferente entre os diversos países, variando no tempo e no espaço. Teria prazo de validade e viabilidade. Seria o acesso à alimentação, paz, moradia, bem-viver e até mesmo uma vida espiritual.

A ONU, por meio de seu conselheiro especial da Secretaria-Geral, Sachs, citou os 17 objetivos do desenvolvimento sustentável, os quais seriam: a erradicação da pobreza; fome zero; boa saúde e bem-estar; a educação de qualidade; igualdade de gênero e empoderamento feminino; a água potável e saneamento para todos; a acessibilidade à energia limpa; o trabalho decente e crescimento econômico; a indústria, inovação e infraestrutura; redução das desigualdades nos países e entre eles; cidades seguras e sustentáveis; assegurar consumo e produção responsável; a ação climática; sustentabilidade da vida abaixo d’água; vida na terra; a paz, justiça e instituições fortes; e finalmente, fortalecer os meios de implementação e revitalizar as parcerias com objetivos (ONU, 2015).

O problema do desenvolvimento sustentável seria a sua má interpretação, o pouco conhecimento que se tem sobre ele, vindo a se julgar importante apenas o crescimento econômico, que poderia sim destruir a natureza, o meio ambiente, para construir mais rodovias, mais construções de concreto.

Há diferentes noções de desenvolvimento; pode acontecer uma mudança favorável, desde a mais simples para a mais complexa, do inferior para o superior, do pior ao melhor. Entretanto, mesmo assim, não existirá crescimento e nem desenvolvimento perfeito.

Entretanto, conforme Gerent (2016), esse princípio não está previsto em uma norma internacional e também não tem um conceito delimitado para dar limites e delimitar seu significado. Assim, o conceito da sustentabilidade ambiental pode ser definido como “a proteção e preservação da qualidade ambiental” e ao “esforço para manter o crescimento econômico moderado com uma preocupação para gerações futuras e conservação dos recursos naturais” (GERENT, 2016, p. 66).

A geração atual e as futuras foram objeto da carta aberta de 5 de janeiro de 2009, enviada ao casal Obama pelo casal Hansen. Nela, a principal preocupação é com a “humanidade e com toda a vida na Terra que será herdada pelos nossos filhos, netos e aqueles que ainda não nasceram”, sendo necessária também a preservação da natureza e da humanidade (THE GUARDIAN, s.d.). E, conforme Gerent (2016),

O princípio do desenvolvimento sustentável estabeleceu um novo paradigma nas relações internacionais e nas negociações dos acordos ambientais multilaterais. Reconhece-se que países desenvolvidos e em desenvolvimento contribuíram, com a produção de suas riquezas e com a geração de suas pobreza, com a destruição do meio ambiente, realidade que, diante das suas capacidades de ultrapassar fronteiras, atinge a todos. Exatamente em virtude desse reconhecimento é que os países, nas discussões a respeito da problemática ambiental, devem considerar o interesse comum da humanidade e a forma de crescimento econômico que cada Estado almeja para si. [...]

Além disso, o que deve ser levado em consideração não são os efeitos do desenvolvimento sobre o meio ambiente, mas sim, “o modo como a deterioração ambiental pode impedir ou reverter o desenvolvimento econômico”. (GERENT, 2016, p. 67)

A preocupação ambiental é essencial no desenvolvimento dos países, pois muitas vezes os recursos naturais oriundos do meio ambiente serão a matéria-prima utilizada nas fábricas.

As necessidades materiais humanas são diferentes, dependendo da classe social, de onde as pessoas moram e do que as pessoas precisam; e muitas de suas necessidades, às vezes, entram em confronto com a preservação dos recursos naturais. Dessa maneira, os recursos não conseguem acompanhar todo o consumo crescente, a natureza não dá conta. Os recursos se tornaram limitados, e os efeitos da degradação começaram a ser sentidos.

Como necessidades básicas humanas têm-se a água, comida, bem-estar, trabalho e energia. A energia elétrica está associada ao crescimento de um país, sendo essencial para classificar a qualidade de vida. Segundo Michellis Jr. e Fonseca (2017),

O desenvolvimento do setor elétrico voltado para o atendimento ao mercado interno demanda a geração de empregos, o que significa uma melhoria na distribuição de renda, pressuposto da sustentabilidade econômica e social. O conceito de sustentabilidade econômica leva em conta a eficiência dos resultados com competitividade sistêmica necessária à acumulação de capital para a continuidade do processo de desenvolvimento. Contempla também a exigência de um modelo de desenvolvimento que atenda às exigências econômicas e sociais da geração adequada de empregos, da melhoria na distribuição funcional, regional e interpessoal da renda. (MICHELLIS JR.; FONSECA, 2017)

Ao pensar em sustentabilidade, dever-se-ia ter em mente o que poderia ser realizado para reduzir as insustentabilidades (econômico-financeira, das injustiças sociais, e da dizimação dos recursos naturais).

A utilização desse princípio no trabalho aqui apresentado tem como razão justamente demonstrar a importância do desenvolvimento sustentável para a população e a economia, bem como a energia solar deveria ser o melhor modelo para se atingir um ideal de desenvolvimento sustentável, pois é infinita, gratuita e não causa impactos na incidência de seus raios solares. Contudo, dever-se-ia sempre ter em mente a preservação ambiental e o

desenvolvimento sustentável como um todo, e não apenas o crescimento econômico de algumas pessoas e o do país, sendo esquecido o restante da população, já que todos compõem o meio ambiente e devem preservá-lo. Entretanto, quem causa algum dano ambiental, o poluidor, deve arcar com as suas consequências.

2.3.3 Princípio do usuário-pagador ou poluidor-pagador

“O poluidor-pagador é um princípio que pode ser compreendido como um mecanismo de alocação da responsabilidade pelos custos ambientais associados à atividade econômica” (SAMPALIO, 2003, p. 23). Desse princípio decorre que o poluidor se torna responsável por arcar com os custos e a reparação dos danos ambientais por ele causados. Para tanto, tem-se a sua previsão no art. 225, §3º, da CF, que determina que “as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados” (BRASIL, 1988).

Toda exploração ao meio ambiente o degrada, e, por mais cuidado que se possa ter, nunca se chegará ao estágio anterior ao de sua exploração. Assim, o empreendedor não pagará para poluir ou degradar, mas para custear o dano ambiental causado, e a cobrança seria apenas reparatória ao dano cometido.

Antes mesmo da CF, já existia a Lei nº 6.938/1981, que trata da Política Nacional do Meio Ambiente, no art. 4º, VII, “à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos” (BRASIL, 1981).

Conforme leciona Fiorillo (2015), esse princípio não seria “pagar para poder poluir” ou “poluir mediante pagamento”. “O princípio tem duas órbitas de alcance: a) busca evitar a ocorrência de danos ambientais (caráter preventivo); e b) ocorrido o dano, visa à sua reparação (caráter repressivo)” (FIORILLO, 2015, p. 85). Cabe ao poluidor o dever de prevenir os danos ao meio ambiente; e, ocorrendo os danos, o poluidor é responsável por eles, devendo repará-los, ou seja, voltar ao que era antes.

Segundo Fiorillo (2015), há a incidência da responsabilidade civil na parte repressiva do princípio do poluidor pagador; entretanto, o pagamento à reparação não possui o caráter de penalidade e nem de infração administrativa, o que também não exclui a aplicação dessas, conforme determina o §3º do art. 225 da CF. Segundo ele,

O princípio do poluidor-pagador determina a incidência e aplicação de alguns aspectos do regime jurídico da responsabilidade civil aos danos ambientais: a) a responsabilidade civil objetiva; b) prioridade da reparação específica do dano ambiental; e c) solidariedade para suportar os danos causados ao meio ambiente. (FIORILLO, 2015, p. 90)

O princípio do usuário-pagador significa que o “utilizador do recurso deve suportar o conjunto de custos destinados a tornar possível a utilização do recurso e os custos advindos de sua própria utilização” (MACHADO, 2016, p. 85). Ainda segundo Machado (2016), o princípio do usuário-pagador contém o princípio poluidor-pagador, pois o poluidor é obrigado a pagar o que pode poluir ou o que já poluiu.

Por esse princípio pretende-se redistribuir equitativamente as externalidades ambientais. Mostra-se viável, possível e suportável para a sociedade uma determinada atividade. E, nesse mesmo entendimento, discorrem Leuzinger e Cureau sobre o princípio do poluidor-pagador:

Traduz-se na obrigação do empreendedor de internalizar as externalidades negativas nos custos da produção (como a poluição, a erosão, os danos, à fauna e a flora etc.), bem como daquele que causa degradação ambiental de arcar com os custos de sua prevenção e/ou reparação. (LEUZINGER; CUREAU, 2008, p. 18)

Os custos dos danos ambientais causados devem ser suportados pelo usuário ou pelo poluidor. Ao utilizarem o bem ambiental, muitas vezes gratuito, os danos não podem ser custeados pelo Estado ou por outras pessoas.

O destaque desse princípio para o Direito de Energia seria o seguinte: ao utilizar determinado tipo de energia, seja ela renovável ou limpa, essa deve causar o menor estrago possível na esfera ambiental, pois a questão primordial “passa pela questão do dano causado ao meio ambiente” (CUSTÓDIO; VALLE, 2015, p. 7). Assim, a melhor forma seria a prevenção.

2.3.4 Princípio da prevenção

O termo *prevenção* vem do verbo *prevenir*, que significa ato ou efeito de antecipar-se, chegar antes, dispor de antemão. Se houver indícios que ocorrerá a degradação, esses devem ser mitigados com antecipação, a qual é muito importante para a gestão dos riscos ambientais.

A prevenção aos danos ambientais é um dos princípios para a preservação ambiental – o meio ambiente deve ser resguardado para esta e as futuras gerações. O que fazer depois de um rio ter secado e as espécies que ali habitavam estarem mortas ou extintas? Como trazer de volta rios, montanhas, espécies vegetais e animais? E cabe lembrar, em algumas situações, danos imensuráveis ao ser humano, nos casos dos acidentes nucleares.

“O princípio da prevenção exige a adoção de medidas capazes de evitar a ocorrência de um dano ambiental cujas causas são conhecidas” (GERENT, 2016, p. 81). Ele é aplicado de acordo com conhecimentos científico e técnico e conforme a periculosidade e potencial de risco das atividades humanas. Sua atuação é mais ampla. Conforme Gerent (2016), o objetivo é proibir a repetição da atividade perigosa; é proibido ter o direito adquirido de degradar e de poluir.

Para Milaré (2001), o princípio da prevenção é básico no Direito Ambiental, porque sem a prevenção não haveria a preservação. Medidas devem ser tomadas de modo que “evitem o nascimento de atentados ao ambiente, de molde a reduzir ou eliminar as causas de ações suscetíveis de alterar a sua qualidade” (MILARÉ, 2001, p. 118).

A geração atual não pode simplesmente utilizar, usufruir dos seus bens ambientais, extrair o lucro e deixar às gerações futuras apenas danos, poluição e catástrofes. Deve-se utilizá-lo com responsabilidade, por isso, para Jonas, “a prevenção é, em geral, prima causa, pois a predição como advertência é certamente um motivo mais forte para políticas governamentais, uma exigência mais coercitiva para a responsabilidade, de que a sedução de uma promessa” (JONAS, 2006, p. 2.014).

“O princípio da prevenção, seria aquele que se dá em relação ao perigo concreto. Supõe que os riscos já sejam conhecidos, ou por um estudo de impacto ambiental ou por que o abstrato tornou-se concreto” (STEIGLEDER, 2011, p. 165). A prevenção ocorrerá no caso concreto, no qual já se conhecem todos os riscos, ou no caso de um estudo sobre determinado empreendimento, que se tornou realidade na hora da sua execução, seria a forma de antecipar-se aos processos de degradação ambiental.

Todavia, entende Fiorillo (2013) que o sistema jurídico é inerte para reestabelecer a forma original das espécies, trazer de volta uma situação já acontecida. Dessa maneira, “adota-se o princípio da prevenção do dano do meio ambiente como sustentáculo do direito ambiental, consubstanciando-se como seu objetivo fundamental” (FIORILLO, 2013, p. 196). Uma vez causado o dano, dificilmente o meio ambiente voltará a ser como era anteriormente.

A CF, no *caput* do art. 225, adotou o princípio da prevenção ao dispor sobre “o dever do Poder Público e da coletividade de proteger e preservar o meio ambiente para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988). Dessa forma, só com um estado de consciência ecológica muito alto, Poder Público e coletividade poderão alcançar a tão sonhada prevenção. Mas, enquanto isso não acontece, cabe ao empreendedor demonstrar que seu projeto não apresenta riscos ambientais.

Por isso, o ônus da prova é sempre do proponente do empreendimento, que deve demonstrar não existir risco ambiental. Na hipótese de ocorrer alguma ameaça de danos ambientais sérios, a falta de certeza “não deve ser usada como razão para se adiar a adoção de medidas economicamente viáveis destinadas a evitar ou reduzir os danos ambientais em questão” (SAMPAIO; WOLD; NARDY, 2003, p. 17).

“Pelo princípio da prevenção, a prioridade é a prevenção de um possível dano ambiental em vez da reparação, caso o dano venha a acontecer”, de acordo com Gherzi, Lovece e Weingarten (2004)⁷ – tradução nossa. “A efetiva prevenção do dano deve-se também ao papel exercido pelo Estado na punição correta do poluidor, pois, dessa forma, ela passa a ser um estimulante negativo contra a prática de agressões ao meio ambiente” (FIORILLO, 2013, p. 197), ressalta-se.

O Estado, pelo papel importante que desempenha, deve gerenciar sempre e promover uma melhor gestão junto ao empreendedor, vez que é o órgão licenciador do empreendimento. A prevenção “implica um mecanismo antecipatório e de gestão de riscos na forma de desenvolvimento da atividade econômica, mitigando e avaliando os aspectos ambientais negativos” (LEITE, 2008, p. 172).

Na questão energética, a aplicação dos princípios da prevenção e da precaução é necessária ao Direito Ambiental, para se evitar o surgimento de práticas que ponham em risco a questão ambiental, conforme entendimento de Custódio e Valle (2015).

A importância desse princípio aqui seria a de evitar o dano causado, por exemplo, na instalação de uma usina solar, pois, apesar de ser uma energia renovável, ela também pode causar estragos ambientais. Outro princípio importante para auxiliar na preservação ambiental e no desenvolvimento sustentável seria o da precaução.

2.3.5 Princípio da precaução

O princípio da precaução é necessário para averiguar os possíveis danos a serem causados na instalação ou na finalização de um empreendimento e, diante dessa alternativa, quais medidas de contenção deveriam ser tomadas. Deve-se aplicá-lo quando houver a soma da incerteza científica com a ameaça de degradação ambiental grave. Assim, quando houver um grau de incerteza científica, “torna necessária a adoção de medidas de precaução” (SAMPAIO;

⁷ “El principio de prevención establece que la prioridad es la prevención de un posible daño ambiental en vez de proceder a su reparación una vez consumado” (GHERSI; LOVECE; WEINGARTEN, 2004, p. 24).

WOLD; NARDY, 2003, p. 17). Quanto menor o impacto a ser causado, melhor para todos. Pela precaução, os grandes riscos devem ser evitados.

Deve-se conceber, aliás, quando da reflexão sobre o tema, que “Os perigos de danos ambientais a que está submetida a humanidade deixaram de ser apenas aqueles conhecidos e reversíveis. Tornaram-se invisíveis, transtemporais e, muitas vezes, irreversíveis” (GERENT, 2016, p. 79). De acordo com Gherzi, Lovece e Weingarten (2004), a ausência de certeza científica não é desculpa, em casos de perigo de dano grave e irreversível, para a demora na adoção de medidas eficazes para impedir a degradação do meio ambiente (tradução nossa)⁸. Por esse princípio, se há a incerteza sobre a plausibilidade de danos ambientais graves, o ser humano ao implementar uma nova tecnologia possui o dever de assegurar que não haverá danos ao meio ambiente. Ou, se ocorreram danos, as atividades não devem acontecer. A incerteza em relação aos danos ambientais é grande, e dessa forma o empreendedor deve sempre se precaver. “Havendo incerteza científica quanto aos possíveis efeitos negativos no meio ambiente decorrentes de atividades humanas, medidas eficazes deverão ser aplicadas visando evitar a degradação ambiental” (GERENT, 2016, p. 80). E, nos dizeres de Derani (2002) *apud* Steigleder (2011),

[...] o princípio de precaução está ligado aos conceitos de afastamento de perigo e segurança das gerações futuras, como também de sustentabilidade ambiental das atividades humanas. Este princípio é a tradução da busca da proteção da existência humana, seja pela proteção de seu ambiente como pelo asseguramento da integridade da vida humana. A partir desta premissa, deve-se também considerar não só o risco iminente de uma determinada atividade como também os riscos futuros decorrentes de empreendimentos humanos [...]. (DERANI, 2002, p. 167 *apud* STEIGLEDER, 2011, p. 164).

Sampaio, Wold e Nardy (2003) trazem o questionamento em relação ao princípio da precaução: qual é a gravidade do dano ambiental ou quão grande seria o impacto nos seres humanos que justificaria a sua aplicação? Segundo os autores, a legislação ambiental de vários países adota o procedimento do estudo de impacto ambiental (EIA), que determinará os possíveis impactos positivos e negativos de um empreendimento em determinada região. Esclarecem Sampaio, Wold e Nardy que

Outro aspecto que merece nota consiste na relação que se estabelece entre, de uma parte, o limiar de gravidade da ameaça de dano que deflagra a aplicação do princípio da precaução e, de outra, o grau de incerteza científica presente em cada caso concreto. Nesse sentido, naquelas circunstâncias em que o dano sob apreciação é considerado muito grave, pode ser observado um relaxamento nas exigências de indicativos

⁸ “La ausencia de certeza científica absoluta en casos de peligro de daño grave e irreversible no es excusa para demorar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente” (GHERSI; LOVECE; WEINGARTEN, 2004, p. 23).

objetivos da plausibilidade de sua concretização. Já nas hipóteses em que a ameaça não é considerada tão grave, exige-se um grau maior de certeza científica para se tornar obrigatória a adoção de medidas de precaução. (SAMPAIO; WOLD; NARDY, 2003, p. 19)

Assim, se há dúvidas ou incertezas a respeito dos danos que determinada atividade possa acarretar a uma comunidade, deve-se agir com cautela ou com medidas preventivas que evitem o desastre, principalmente se o risco do empreendimento é elevado para o meio ambiente.

Segundo Michellis Jr. e Fonseca (2017), dever-se-ia utilizar a precaução “em relação a incertezas científicas e a transparência”. As “decisões públicas e privadas devem ser guiadas pela avaliação para evitar, sempre que viável técnica e economicamente, danos sérios ou irreversíveis ao meio ambiente”. Assim, seria bom a energia elétrica ser considerada como necessidade para reduzir a pobreza e melhorar a qualidade de vida da população – sempre avaliados os riscos da atividade. Por sua vez, a Declaração do Rio de Janeiro, no princípio 15, esclarece que:

De modo a proteger o meio ambiente, o princípio da precaução deve ser amplamente observado pelos Estados, de acordo com as suas capacidades. Quando houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis, a ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada como razão para postergar medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental. (BRASIL, 1992)

“O princípio da precaução está presente também na Convenção da Diversidade Biológica (CDB) e na Convenção sobre Mudança do Clima” (LEUZINGER; CUREAU; 2008, p. 15), lembra-se. Finalizando-se a explanação sobre os princípios norteadores do Direito Ambiental, falar-se-á adiante sobre os princípios do Direito da Energia.

2.3.6 Princípio da segurança no provisãoamento energético

Esse princípio, diretamente relacionado ao princípio de desenvolvimento sustentável, “exige uma necessidade de planejamento das decisões que envolvam o setor energético, de modo que seja assegurada uma autonomia energética” (FREIRE, 2016, p. 11). E referida autonomia está atada à matriz energética diversificada para a promoção de uma independência energética, para fazer face às intempéries econômicas e políticas (FREIRE, 2016, p. 11). Observa-se, pois, que o princípio em comento está atrelado ao princípio da continuidade do serviço público, do Direito Administrativo. Por esse princípio, o serviço público essencial não pode parar, pela supremacia do poder público sobre o poder privado. Para Freire (2016, p. 12),

Esse princípio advém certamente das experiências vivenciadas quando das Guerras Mundiais e também das crises do petróleo, períodos nos quais a realidade demonstrou quão perigosa é a dependência energética mundial de Estados instáveis política e territorialmente ou de um só recurso natural. É um princípio que trabalha diretamente com a minimização de riscos para uma sociedade.

Minimizar riscos não só econômicos e políticos, mas também ambientais, pois um planejamento de decisões faz analisar as variáveis também ambientais: se a atividade é capaz de criar impacto ou dano ambiental, qual será o risco para a atividade caso ele ocorra, dentre outras variáveis. Daí o atrelamento desse princípio ao do desenvolvimento sustentável, o da prevenção e precaução.

Por esse princípio, deve ocorrer a diversificação da matriz energética, de modo a assegurar a segurança energética, estimulando-se a concorrência e favorecendo tanto o fornecedor quanto o consumidor.

A matriz energética brasileira está bem diversificada, e nos últimos anos houve um grande crescimento das usinas de biomassa, eólica e solar. Portanto, deve-se pensar em utilizar, além de água e combustíveis fósseis (especialmente em lugar destes), aludidas energias renováveis. Cada vez mais é importante que não haja retrocesso na utilização de novas tecnologias.

2.3.7 Princípio do não retrocesso na utilização de tecnologias

O princípio do não retrocesso na utilização de tecnologias “diz que uma determinada tecnologia de produção-transmissão-distribuição-consumo de energia não pode ser substituída por outra inferior do ponto de vista da eficiência energética” (FREIRE, 2016, p. 14).

Devem ser levados em conta a potência da energia, produção de insumos, geração, transmissão, distribuição e consumo, bem como a sustentabilidade na vida da população e no meio ambiente. Segundo Freire (2016, p. 15),

Não-retrocesso pode significar, portanto, a garantia de um espaço social economicamente viável somente para novas tecnologias capazes de superar as anteriores no aspecto da eficiência energética. E eficiência [...] não se limita à questão da potência, pois abrange também o consumo, a organização, o planejamento e a sustentabilidade dos processos de produção e consumo de energia.

Esse princípio incentiva sempre a criação de tecnologias cada vez mais desenvolvidas e avançadas para a área da energia. A criação de hoje deverá ser melhor que a de ontem e inferior à de amanhã – e sempre visando ao conceito de desenvolvimento sustentável proposto por Amartya Sen, ou seja, o desenvolvimento deve vir aliado não somente pelo fator

econômico, mas ainda com o melhoramento de vida da população. Adiante, passa-se ao estudo da matriz e legislação brasileira.

3 A MATRIZ E A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE ENERGIA

O sol é considerado um símbolo brasileiro, tem sua cor estampada na bandeira do país, também o desenho mostra como é grande a incidência de raios solares em suas terras. O Brasil é um país privilegiado em termos de radiação solar (CELUPPI, 2017, p. 27).

Por ser um país propício para a instalação de usinas solares, foi necessário elaborar uma legislação favorável ao setor energético a fim de dar o devido amparo legal, pois a matéria é relativamente nova e não há ainda um arcabouço jurídico completo, o que também causa dificuldade para se realizar uma pesquisa mais abrangente a respeito do tema.

3.1 Considerações gerais sobre a matriz energética do Brasil

O Brasil apresenta vantagem em sua localização, é o país tropical que recebe maior incidência de raios solares, tem a melhor energia solar entre países tropicais, que é gratuita e dispõe de grande disponibilidade. Dessa maneira, o aumento do uso da energia solar no país contribui com seu desenvolvimento econômico e com o bem-estar de sua população, promovendo o desenvolvimento sustentável, tão sonhado por Amartya Sen (2010).

A preocupação de Amartya Sen sempre foi acerca da fome, da qualidade de vida de pessoas mais pobres e de como o poder de uma decisão individual pode influenciar no desenvolvimento de outras pessoas. Como marco teórico neste trabalho, seus ensinamentos são modelo para o desenvolvimento sustentável, que não pode ser somente um crescimento econômico, mas sim uma melhoria de vida para a população, inclusive com a utilização da energia para todos, permitindo que a energia solar possa chegar perto do que o autor pretendeu.

O Brasil apresenta um largo potencial solar, segundo o América do Sol (2018); seu pior local, isto é, o menos ensolarado é melhor que o local mais ensolarado da Alemanha, considerado um dos líderes da energia solar. Em vista disso, o governo brasileiro resolveu investir nessa área, traçando metas e políticas a fim de garantir a segurança e a qualidade do suprimento energético (BRASIL, 2007). Por ser um país situado próximo à linha do Equador, a incidência da luz solar no país varia pouco, apresentando uma média anual de energia entre 4 kWh/m².dia e 5 kWh/m².dia.

Atualmente, o Brasil tem grande parte de sua matriz energética oriunda das hidrelétricas, até mesmo por ter grande quantidade de água, sendo esta considerada um recurso infinito até pouco tempo atrás. Entretanto, as hidrelétricas tornaram-se inviáveis, não sendo mais consideradas sustentáveis, em razão da alteração do risco hidrológico e do

comprometimento na quantidade de água. Dessa feita houve grande comprometimento nessa área, por ser a água a principal fonte de energia elétrica proveniente dessas usinas. Com as mudanças climáticas, algumas alterações ambientais foram acontecendo, uma delas foi a escassez do recurso hídrico, fazendo-se perceber que este era um recurso finito e que novas formas de tecnologia deveriam ser desenvolvidas, conforme esclarecem Freitas e Milkiewicz (2017).

Apesar de o Brasil possuir vasto território e abundância deste recurso natural, somente há poucos anos as tecnologias para aproveitamento da energia solar vêm sendo utilizadas, com expressiva destinação para o aquecimento de água. No entanto, particularmente nos últimos anos, em razão do desenvolvimento tecnológico, surgimento de regulamentação e, mais recentemente, de alguns incentivos fiscais, o uso da energia solar convertida em energia elétrica, ou seja, a energia solar fotovoltaica, tem se intensificado e está em maior evidência. (FREITAS; MILKIEWICZ, 2017, p. 193)

No Acordo de Paris, ocorrido em 2015, o Brasil se comprometeu a reduzir suas emissões de carbono no ar. “O compromisso prevê a redução de emissões de gases de efeito estufa na proporção de 37% e 43%, em 2025 e 2030” (CANAL ENERGIA, 2017).

Foi elaborado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), através dos estudos feitos pela EPE, o Plano Nacional de Energia 2030 – PNE 2030 (BRASIL, 2007). Seu objetivo é orientar os gestores públicos e os privados no setor energético:

O Plano Nacional de Energia 2030 reproduz dados do Atlas Solarimétrico do Brasil e registra que essa radiação varia de 8 a 22 MJ/m² durante o dia, sendo que as menores variações ocorrem nos meses de maio a julho, variando de 8 a 18 MJ/m². Além disso, o Nordeste possui irradiação comparável às melhores regiões do mundo nessa variável, como a cidade de Dongola, no deserto do Sudão, e a região de Dagget, no Deserto de Mojave, Califórnia. (SALAMONI, 2009, p. 43)

O PNE 2030 é um documento que permite estimar a demanda e a oferta de energia por um período de 25 anos, desde sua criação. Além das variáveis do mercado, conta também com as questões socioambientais.

Aproveitando sua localização privilegiada, o país já conta hoje com a maior usina de energia solar da América Latina, a Usina Solar de Pirapora, em Minas Gerais. Ela equivale a 1.200 campos de futebol, está conectada à rede da Cemig e, até o primeiro semestre de 2018, terá atingido sua capacidade instalada total de 411 MWp com 1,2 milhão de placas solares de fabricação nacional e investimentos de R\$ 2 bilhões.

Também no Brasil está o primeiro estádio solar da América Latina, o estádio de Pituacu, em Salvador. Segundo Trigueiro (2017), o estádio tem capacidade para 32 mil

torcedores e é composto por mais de dois mil painéis solares na cobertura das arquibancadas, do estacionamento e do vestiário. A energia gerada durante o dia pelo estádio vai para a rede elétrica da concessionária, gerando crédito para a empresa.

Há na Universidade Federal do Rio de Janeiro o maior estacionamento solar do Brasil. “A cobertura do estacionamento é composta por 414 placas fotovoltaicas japonesas com estruturas fabricadas na Alemanha” (TRIGUEIRO, 2017, p. 18). Seguindo essa linha de raciocínio, outro exemplo seria em Tacaratu, Pernambuco, onde foi inaugurado o primeiro parque híbrido de energia renovável. O empreendimento é pioneiro no país, conforme Freitas e Milkiewicz (2017).

Segundo fonte do América do Sol (2018), o Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), através do Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN), publicou a nova edição do atlas solarímetro do Brasil. Este trabalho foi desenvolvido numa cooperação entre o INPE e os pesquisadores da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC).

Em razão desse índice solar no país, também as empresas de telefonia resolveram investir na área. Um exemplo é a Claro Brasil, dona das marcas Claro, Embratel e NET, que implementará pelo menos 20 parques solares no país, conforme Segalla (2018). Segundo informações da empresa, o programa representará a “redução de 100 mil toneladas métricas de CO² por ano, o equivalente à retirada de quase 420 mil carros de circulação – ou a frota inteira de cidades como Uberlândia no Triângulo Mineiro e Teresina no Piauí”. (SEGALLA, 2018, p. 11). Este é o maior projeto de geração distribuída do país entre empresas privadas e uma empresa de telecomunicações, cuja meta é utilizar 80% da energia produzida, o que representaria mais de 600 mil megawatts/hora por ano.

No ano de 2017, o Brasil alcançou “a marca histórica de 1 gigawatt (GW) de potência instalada em usinas de fonte fotovoltaica conectadas à matriz elétrica nacional” (ABSOLAR, 2017). Essa marca demonstra o forte crescimento dessa tecnologia no país. De acordo com Trigueiro (2017), “a produção de energia solar fotovoltaica em nosso país seria de aproximadamente 30 mil GW. Isso é 200 vezes superior à atual matriz elétrica brasileira, que soma 143 GW”, de todas as fontes energéticas (TRIGUEIRO, 2017, p. 14). No Brasil, a produção de energia solar está se desenvolvendo em uma grande velocidade. O Estado de Minas Gerais é campeão brasileiro em aquecimento solar, com o estádio de futebol do Mineirão como melhor exemplo, dotado de uma potência instalada de 1,42 MW (NEVES, 2013, p. 26).

No ano de 2018, o país acabou de alcançar a marca de 1 gigawatt (GW) de potência instalada em usinas de fonte solar fotovoltaica constadas à matriz elétrica nacional (ABSOLAR, 2018). Essa potência é suficiente para atender o consumo de 2 milhões de brasileiros.

Segundo dados da Absolar (2018), o Brasil situa entre os 30 países do mundo em energia solar, num total de 195. Apesar desse grande crescimento, o país ainda está muito aquém de sua capacidade, principalmente por causa de suas condições favoráveis. De acordo com os dados dessa associação, o país, entre os anos de 2014 e 2015, realizou leilões de energia elétrica e, desses, foram inauguradas grandes usinas solares nos Estados da Bahia, Piauí, Minas Gerais, Rio Grande do Norte e Pernambuco, representando uma potência de 0,935 GW. Entretanto, ainda que haja todo este potencial, a matriz energética brasileira é hoje de apenas 0,2%, com tendências a aumentar (FREITAS; MILKIEWICZ, 2017). Com esse potencial solarímetro grande, a legislação para orientar, definir e disciplinar as questões ligadas à energia é de fundamental importância.

3.2 Legislação brasileira

As primeiras leis para o setor elétrico apareceram em virtude do Programa Nacional de Desestatização (PND)⁹, desenvolvido após a alta do petróleo no final dos anos 70. Em breve síntese, fala-se sobre os últimos 20 anos do século XX, período em que uma sucessão de crises questionou a organização do poder público. Dessa forma, emergiu a Administração Pública Gerencial, como resposta, de um lado, à expansão das funções econômicas e sociais do Estado, e, de outro, ao desenvolvimento tecnológico e à globalização da economia mundial.

⁹ PND – O Plano Nacional de Destatização foi instituído pelo Decreto n. 83.740, de 18 de julho de 1979, e tinha como objetivos: a) construir para a melhoria do atendimento dos usuários do serviço público; b) reduzir a interferência do Governo na atividade do cidadão e do empresário e abreviar a solução dos casos em que essa interferência é necessária, mediante a descentralização das decisões, a simplificação do trabalho administrativo e a eliminação de formalidades e exigências cujo custo econômico ou social seja superior ao risco; c) agilizar a execução dos programas federais para assegurar o cumprimento dos objetivos prioritários do Governo; d) substituir, sempre que praticável, o controle prévio pelo eficiente acompanhamento da execução e pelo reforço da fiscalização dirigida, para a identificação e correção dos eventuais desvios, fraudes e abusos; e) intensificar a execução dos trabalhos da Reforma Administrativa de que trata o Decreto-lei nº 200, de 25 de fevereiro de 1967, especialmente os referidos no Título XIII; f) fortalecer o sistema de livre empresa, favorecendo a empresa pequena e média, que constituem a matriz do sistema, e consolidando a grande empresa privada nacional, para que ela se capacite, quando for o caso, a receber encargos e atribuições que se encontram hoje sob a responsabilidade de empresas do Estado; g) impedir o crescimento desnecessário da máquina administrativa federal, mediante o estímulo à execução indireta, utilizando-se, sempre que praticável, o contrato com empresas privadas capacitadas e o convênio com órgãos estaduais e municipais; h) velar pelo cumprimento da política de contenção da criação indiscriminada de empresas públicas, promovendo o equacionamento dos casos em que for possível e recomendável a transferência do controle para o setor privado, respeitada a orientação do Governo na matéria (BRASIL, 1979).

A queda do muro de Berlim, em 1989, reacendeu as esperanças dos cruzados do liberalismo, que passaram a sustentar a divisa como se fosse um dogma, como se a salvação do mundo estivesse na privatização e que a presença do Estado no domínio econômico seria sempre desastrosa, responsável pelo sufocamento da liberdade dos cidadãos e pela lentidão e pela ineficiência na prestação dos serviços.

Dessa forma, o modelo gerencial contemporâneo, fundamentado nos princípios da confiança e da descentralização de funções, incentivos à criatividade, contrapôs-se à ideologia do formalismo e do rigor técnico da burocracia tradicional. O neoliberalismo provocou uma reformulação do papel do Estado, devendo este só intervir onde houvesse a incapacidade do mercado de resolver por si só o atendimento ao interesse público. Assim, reduziram-se as dimensões do Estado com o fenômeno da privatização do Direito Público.

O Brasil dos anos 80 se adequou a uma nova forma de modelo de Estado, baseada em um modelo mediador e regulador. Além do Brasil, o mundo também mudou, desenhando à época uma nova estrutura de Estado. O antigo modelo interventor passou a assumir um modelo de regulação, situado entre dois outros econômico-sociais: o liberal e o comunista/socialista. Mas o Estado Regulador pendeu ora para o lado liberal, ora para o lado social, dependendo das diretrizes que nortearam o modelo regulatório adotado por cada país.

À época do PND, o governo tinha como foco o atendimento às necessidades urgentes do setor elétrico, como o aumento de investimentos, eficiência e produtividade, para acompanhar a evolução econômica do país e a integração no mercado global, conforme afirma Campos (2010). Com isso foram publicadas as seguintes leis: Lei nº 9.074/1985, que estabeleceu normas para outorga e prorrogações de concessões e permissões de serviços públicos. Essa lei determinou que concessões, permissões e autorizações de exploração de serviços e instalações de energia elétrica e de aproveitamento energético dos cursos de água seriam contratadas, prorrogadas ou outorgadas nos termos desta e da Lei nº 8.987/1995, que tratou das permissões e das concessões no serviço público (BRASIL, 1995). Essas leis instituíram o produtor independente¹⁰, o autoprodutor¹¹, a tarifa pelo preço e o consumidor livre¹².

¹⁰ Produtor independente é a pessoa jurídica ou o consórcio de empresas titular de concessão, permissão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou de parte da energia produzida, por sua conta e risco (BRASIL, 1995).

¹¹ Autoprodutor é a pessoa jurídica ou o consórcio de empresas titular de concessão, permissão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao consumo próprio, por sua conta e risco (BRASIL, 1995).

¹² Consumidor livre é a pessoa jurídica que, atendida em qualquer tensão, tenha exercido a opção de compra de energia elétrica (BRASIL, 1995).

Na busca deste Estado mínimo, surgiram as agências, visando regular as matérias que lhe eram afetas, baseando-se na ideia de que o Estado paternalista deveria se transformar num Estado Regulador. Dessa maneira foi publicada a Lei nº 9.427/1996 (BRASIL, 1996), que instituiu a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), disciplinando o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dando outras providências. A ANEEL é a autarquia responsável pelas resoluções do setor elétrico.

Outra lei importante é a Lei nº 9.478/1997 (BRASIL, 1997), que dispôs sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, instituiu o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e a Agência Nacional do Petróleo (ANP). Nos objetivos dessa lei estão a proteção ao meio ambiente e a promoção da conservação de energia, como também a utilização de fontes alternativas de energia, mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis e das tecnologias aplicáveis (BRASIL, 1997). Essa lei foi atualizada pela Lei nº 11.097/2005 (BRASIL, 2005), que estabeleceu as políticas nacionais para o aproveitamento racional das fontes de energia e promoveu também a desverticalização do setor energético, ou seja, desmembrando as atividades de geração, transmissão e distribuição e, por fim, o regime concorrencial.

Mais uma importante lei é a de nº 9.648/1998 (BRASIL, 1998), que autorizou o Poder Executivo a promover a reestruturação das Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS) e de suas subsidiárias. Criou também o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), previsto no art. 13 da lei. Nos dizeres da legislação, o ONS é a pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, fiscalizado e regulado pela ANEEL, que tem como atividades a coordenação e o controle da operação da geração e da transmissão de energia elétrica integrantes do Sistema Interligado Nacional (SIN) (BRASIL, 2018).

O mercado atacadista de energia e o programa de incentivo às fontes de energias alternativas foram criados pelas leis nºs 10.433/2002a e 10.438/2002b. A primeira criou o Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE) e foi revogada pela Lei nº 10.848/2004 (BRASIL, 2004a), e a segunda deu maior ênfase ao desenvolvimento do setor energético, com a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) e da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE). O programa foi instituído com o objetivo de aumentar a participação de fontes alternativas de energia elétrica produzida por empreendimentos concebidos com base em fontes eólica, de biomassa e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN), privilegiando os empreendedores que não tenham vínculos societários com concessionárias de geração, transmissão ou distribuição. A Lei nº 10.438/2002b alterou as Leis nºs 5.655/1971, 8.631/1993,

9.074/1995, 9.427/1996, 9.478/1997, 9.648/1998 e 9.991/2000. Posteriormente, a lei do Proinfa sofreu alteração das Leis nºs 10.762/2003b, 11.045/2004, 11.488/2007b e 12.212/2010a¹³.

Em 2003, o Decreto nº 4.873/2003 (BRASIL, 2003a) instituiu o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica – Luz para Todos. Seu principal objetivo foi universalizar a energia elétrica no meio rural até o ano de 2010 (BRASIL, 2003a). Durante os estudos de implantação desse projeto, foi constatado que milhares de moradores da zona rural não possuíam energia elétrica em casa, a meta inicial de atender a 10 milhões de pessoas foi alcançada em maio de 2009 (BRASIL, 2010). Esse decreto tem papel fundamental no desenvolvimento da energia solar para o Brasil e para a população carente. Esse programa governamental de levar luz à população rural, foi focada com vista à melhoria do bem-estar dos mais carentes, no qual todos devem ter acesso a luz, conforme os 17 objetivos elencados pela ONU e ainda conforme o desenvolvimento sustentável de Amartya Sen.

Já em no ano seguinte, a Lei nº 10.933/2004 (BRASIL, 2004b) dispôs sobre o Plano Plurianual para o período de 2004/2007 e criou o Programa Energia Cidadã, descrito no anexo I da Inclusão Social e Redução das Desigualdades Sociais¹⁴, considerado como megaobjetivo do programa. Mais uma vez pode ser feita uma análise sob o ponto de vista da teoria de Amartya Sen e perceber a preocupação com a pobreza humana e o desenvolvimento econômico.

Em agosto de 2011, a ANEEL publicou a Chamada nº 013/2011 – Projeto estratégico: “Arranjos técnicos e comerciais para inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira” (ANEEL, 2011), uma iniciativa para a inserção da energia solar no Brasil. Apesar de não se tratar de uma lei, esse projeto foi o que impulsionou a energia solar no país.

A Resolução 482/2012 da ANEEL (2012) criou o sistema de compensação de energia, permitindo ao consumidor instalar pequenos geradores em sua unidade distribuidora e também trocar a energia por ele produzida. Essa resolução regulamentou a micro e a minigeração de energia, permitindo a conversão do excedente de energia gerado pelo sistema fotovoltaico em créditos de energia para serem utilizados posteriormente (ANEEL, 2012. “A partir dessa resolução, pode o consumidor brasileiro gerar sua própria energia elétrica a partir

¹³ Cf. BRASIL, 2002, 1971, 1993, 1995, 1996, 1997, 1998, 2000.

¹⁴ Anexo I da Lei nº 10.933, de 11 de agosto de 2004 dispõe: A implantação de um modelo de mercado para o setor energético nos anos 90 desestruturou o planejamento setorial e culminou na crise de abastecimento e racionamento de 2001. Ainda recai sobre o setor uma grande dívida social a ser equacionada: a universalização do acesso à energia elétrica. Esta é uma das fontes primordiais para o desenvolvimento econômico e para a melhoria da qualidade de vida da população, podendo se transformar num poderoso instrumento de inclusão social para cerca de 20 milhões de pessoas. O objetivo é ampliar as linhas de transmissão, efetivando a conexão dos principais sistemas isolados no sistema integrado, e expandir a geração de energia elétrica (BRASIL, 2004).

de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade” (ANEEL, 2012).

Em 31 de outubro de 2014, foi realizado o 6º Leilão de Energia de Reserva (LER), decisivo para o setor fotovoltaico brasileiro. Nessa ocasião, ocorreu a primeira contratação de energia solar em leilão no Ambiente de Contratação Regulada (ACR), tornando a energia solar uma alternativa energética renovável, limpa e sustentável. “O leilão resultou na contratação de 31 empreendimentos fotovoltaicos, a um preço médio de R\$ 215,12 MWh” (ABSOLAR, 2017).

A Resolução normativa nº 687/2015 (BRASIL, 2015) revisou a REN nº 482/2012 (BRASIL, 2012) e a seção 3.7 do Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST). Essa normativa aprimorou o disposto na REN nº 482/2012, possibilitando também o sistema de compensação de energia elétrica para empreendimento com múltiplas unidades consumidoras, a geração compartilhada e o autoconsumo remoto (ANEEL, 2015). Esse sistema de compensação reduziu as barreiras da conexão dos sistemas fotovoltaicos à rede de distribuição e aumentou o prazo para os consumidores, passando de 36 meses para 60 meses.

Segundo a ANEEL, a Resolução nº 687/2015 (ANEEL, 2015) permitiu o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, denominada de microgeração distribuída, a central geradora com potência instalada de 75 quilowatts (KW). A microgeração distribuída tem potência acima de 75 KW e menor ou igual a 5 MW, com conexão à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. Possibilitou, ainda, caso a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, que o consumidor fique com créditos para serem diminuídos na fatura seguinte, o prazo aumentou de 36 para 60 meses.

Outro exemplo de projeto de inclusão social, que buscou melhoria de vida das pessoas carentes e energia, foi a Instrução normativa nº 40/2017 (BRASIL, 2017), que previu a instalação de sistemas de geração de energia elétrica, incluindo os de fonte solar fotovoltaica para imóveis do Minha Casa, Minha Vida. Seriam instaladas as placas fotovoltaicas nos telhados das casas, produzindo a energia necessária para o consumo de seus moradores. Com a produção de energia solar, os consumidores/moradores reduziriam sua conta de luz, não apenas esses consumidores serão beneficiados, mas o setor e a indústria do país, assim como a população em geral, com geração de empregos e a consequente geração de renda.

No Estado de Minas Gerais foi publicada a Lei nº 22.866/2018 (MINAS GERAIS, 2018) que altera a legislação para estimular o setor energético, alterando o parágrafo quarto da Lei nº 11.396/1994 que cria o Fundo de Fomento e Desenvolvimento Socioeconômico do Estado

de Minas Gerais (FUNDESE), permitindo que novas opções de financiamento de microempresas, empresas de pequeno porte, médias empresas e cooperativas tenham melhores condições para investir e implantar os sistemas fotovoltaicos (MINAS GERAIS, 2017).

A legislação sobre a energia solar no Brasil vem crescendo e percebe-se que ao longo de 20 anos houve mudanças significativas. Entretanto, ainda não há na legislação dos resíduos sólidos um artigo específico e claro para os resíduos criados a partir do descarte das placas solares. Assim, passa-se a tratar no seguinte capítulo da energia fotovoltaica, dos impactos e dos resíduos sólidos.

4 ENERGIA FOTOVOLTAICA, IMPACTOS AMBIENTAIS E RESÍDUOS

O Sol é uma estrela que abastece a Terra, é responsável por promover o aquecimento solar e possibilitar a vida terrestre. A luz solar chega de forma gratuita e limpa e seus raios, além da luz e do calor, são essenciais à vida, principalmente no processo da fotossíntese, além da possibilidade de serem aproveitados para gerar energia.

A energia da forma como chega diretamente do sol não provoca impactos ambientais significativos. Os impactos que ela provoca seriam as queimaduras graves para quem se expõe demais ao sol, sem tomar as devidas precauções; a seca, nos lugares mais áridos, quando aliada à falta de chuvas, causando a queima de plantações. Os mais significativos ao meio ambiente seriam provocados na produção ou no descomissionamento das placas solares. Neste capítulo, fala-se sobre a energia fotovoltaica, a maneira como é transformada em energia elétrica através do painel fotovoltaico, os impactos positivos e negativos que esta pode causar e os resíduos por ela provocada.

4.1 Energia solar fotovoltaica

A energia solar¹⁵ “é consequência de um processo de fusão nuclear, no qual dois núcleos de hidrogênio se fundem com um de hélio. Essa energia é radiada para o espaço sob a forma de ondas eletromagnéticas, contudo uma pequena parte é radiada para a Terra” (CELUPPI, 2017, p. 28). É uma fonte não poluente e inesgotável. “Estima-se em alguns bilhões de anos o tempo necessário para o esgotamento da energia solar” (LUIZ, 2013, p. 45).

Para Luiz (2013, p. 48),

Apenas 1% da energia solar é disponível na Terra, caso fosse a principal fonte energética renovável usada pelo homem, seria mais do que suficiente para manter

¹⁵ Energia solar – energia diretamente do Sol. Cerca de metade da energia solar que chaga à Terra fica na atmosfera, e só a outra metade alcança a superfície do planeta. Praticamente toda a energia que chega à superfície da Terra (95-99%) é absorvida pelos oceanos, impulsionando o ciclo hidrológico. O restante (1-5%) é utilizado na fotossíntese, da qual depende toda a vida animal. A energia solar pode também ser capturada, de diferentes maneiras, para ser utilizada pelos humanos. O cultivo de plantas ornamentais e frutíferas em estufas, a secagem de sal nas salinas e o aquecimento de água em residências são exemplos de aproveitamento direto da energia solar. Muitas pesquisas têm sido realizadas para desenvolver métodos mais eficazes de transformação de energia solar em energia elétrica. Uma possibilidade é a utilização de espelhos, que refletem a luz do Sol, direcionando-a para uma caldeira de aquecimento de água. O vapor de água gerado faz girar as turbinas, que produzem eletricidade. Para que o sistema tenha um bom rendimento, é necessário um espaço grande, para a colocação dos espelhos, e um local ensolarado. Um outro sistema é o que utiliza células fotovoltaicas, que transformam a energia solar diretamente em energia elétrica. É o sistema utilizado nos satélites, e atualmente em uso e implantação em residências no interior do Brasil e nas ilhas costeiras. Possuem diversas vantagens: não gastam combustíveis, são duráveis e feitas de silício, um elemento abundante na Terra. (SILVA *et al.*, 2002, p. 96)

confortavelmente a vida de uma população até 100 vezes maior do que a população total atualmente existente na Terra.

O ser humano não chega a utilizar a incidência total dos raios solares na Terra, se houvesse esse aproveitamento total solar, seria possível manter a população atual e ainda mais. Como o planeta não suporta mais poluição, degradação e estragos, um maior uso da energia solar seria muito benéfico para todos, por ser fonte renovável e limpa.

A energia solar é total na superfície da Terra, sendo 5.000 vezes maior do que a combinação da energia geotérmica e a maremotriz (GOLDEMBERG, 2010, p. 22). Aproximadamente 20% dessa energia é refletida diretamente e remetida ao espaço como radiação de comprimento de onda curta visível.

Conforme Celuppi (2017), a energia solar dá origem direta ou indiretamente às outras energias utilizadas no planeta. Cada vez mais aumentam as fontes de pesquisa das renováveis, desde o aproveitamento de ondas, marés e ventos de altitude elevada até a viabilização de nanobaterias solares ou de satélites que irradiem para a Terra energia solar coletada pelo espaço profundo (VEIGA, 2010, p. 78). Também é a partir da energia do sol que ocorre a evaporação das águas, possibilitando o represamento e a geração de eletricidade, hidroeletricidade e a circulação atmosférica, causando os ventos (CELUPPI, 2017, p. 30).

Nos dizeres de Machado (2016, p. 1247),

A energia solar é a 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.

Sendo assim, a energia oriunda do sol é uma energia sustentável e que se repõe naturalmente, constitui-se como uma das fontes energéticas mais antigas da Terra. Com ou sem aquecimento global, a esperança de continuidade do progresso material da espécie humana vai depender de utilizações mais diretas da energia solar (VEIGA, 2010, p. 85). É uma energia contínua, visto que o sol nunca se apaga, mas, conforme os movimentos de rotação da terra, a incidência de raios solares ora aumenta, ora diminui.

Segundo Luiz (2013, p. 49), as principais vantagens da energia solar sobre os outros tipos de energias seriam:

- a) A energia solar não produz poluição térmica nem poluição química.

- b) A energia solar é disponível em grande escala, considerando-se uma extensão territorial suficientemente grande.
- c) A energia solar é uma fonte de energia renovável inesgotável.
- d) Em diversas aplicações da energia solar, os dispositivos auxiliares não possuem partes móveis, o que significa uma considerável simplificação técnica.
- e) Normalmente a tecnologia envolvida para o aproveitamento da energia solar é bastante simples e está ao alcance de todos os países
- f) Os raios solares atingem as partes da superfície e da atmosfera terrestre, sendo que o uso da energia solar é particularmente importante em regiões de difícil acesso.
- g) Como a energia solar atinge a todos os países, o uso da energia solar é gratuito e não pode ser monopolizado por nenhum país imperialista.
- h) Visto que no espaço sideral não existe absorção pela atmosfera terrestre, o uso da energia solar é imprescindível nas pesquisas do universo e nas viagens espaciais.

Para Simioni (2006), a energia do sol apresenta três formas: energia solar passiva, pelo uso direto, vinculado principalmente ao uso doméstico, como aquecimento de piscinas, caixas d'água, luminosidade (arquitetura solar); a energia solar ativa, podendo ser térmica (ou heliotérmica), onde, de forma direta, aquece a água, gerando vapor que, por sua vez, movimentará geradores; e a fotovoltaica, onde se produz eletricidade a partir de placas coletoras, eletricidade que pode ser utilizada diretamente ou armazenada em baterias. Neste trabalho, menciona-se apenas a forma ativa, aí inserida a energia fotovoltaica.

A energia fotovoltaica é a energia elétrica produzida a partir da luz solar e pode ser produzida mesmo em dias nublados ou chuvosos. Quanto maior for a radiação solar, maior será a quantidade de eletricidade produzida. É uma energia com investimento de custo alto. Essa energia transforma a luz solar em eletricidade, “este efeito decorre da excitação dos elétrons de alguns materiais na presença da luz solar” (MACHADO, 2016, p. 1248).

O termo *fotovoltaico* é formado de duas palavras: foto, que significa luz em grego, e volt, a unidade para medir o potencial elétrico, conforme informa o América do Sol (2017). A energia fotovoltaica “depende somente da radiação do sol (calor e luz), ou seja, não depende do brilho do sol para operar, gerando eletricidade mesmo em dias nublados” (FRANÇA; DEBONI, 2017, p. 195). “A geração fotovoltaica (FV) é a conversão da luz solar diretamente em eletricidade, tem sido e continuará sendo uma das mais fascinantes tecnologias no campo da energia” (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2010, p. 442).

A energia solar pode ser utilizada de diversas maneiras, desde o aquecimento solar até a sua conversão em energia elétrica. Os processos mais usados são “o aquecimento de água e a geração fotovoltaica de energia elétrica” (CUSTÓDIO; VALLE, 2015, p. 26).

A conversão da energia solar em energia elétrica é descrita como uma luz que “é pura energia, composta de pequenos elementos denominados fótons. Quando os fótons atingem

a célula fotovoltaica, parte deles é absorvida. Esses fótons despertam os elétrons do material semicondutor, gerando assim eletricidade” (AMÉRICA DO SOL, 2017).

Hoje, o Brasil está em crescente produção de usinas solares. Entretanto, esse fato poder-se-ia ocasionar uma superprodução de energia, podendo gerar mais que o consumo. Segundo Correia (2018), uma das opções seria o armazenamento do excesso em baterias para celulares ou em tijolos refratários. Atualmente, o armazenamento em baterias é muito caro e, por isso, a energia do sol assim que produzida deve ser consumida. Outro tipo de aplicação seria a substituição do gás natural em indústrias.

A energia solar apresenta uma tecnologia tão avançada que o “modelo de FV tem sido utilizado com sucesso nos satélites, nas telecomunicações em lugares isolados” e está se tornando popular “em áreas rurais remotas que não podem ser ligadas à rede elétrica” (GOLDEMBERG; VILLANUEVA, 2003, p. 134).

Por ser renovável e limpa, ela está sendo utilizada em larga escala. “No final de 2016, todos os continentes, exceto a Antártica, produziram energia solar” (AMÉRICA DO SOL, 2016). E, nessa época, 24 países já tinham mais de 1 GW de capacidade instalada, o Brasil ainda não figurava nesse grupo. Os cinco maiores mercados se encontravam na China¹⁶, nos Estados Unidos, no Japão, na Índia e no Reino Unido.

Além do aspecto da produção de energia solar, no levantamento feito pela IRENA, a energia solar fotovoltaica foi a maior empregadora de 2016, com 3,1 milhões de vagas de emprego. Aliando o crescimento econômico ao crescimento da qualidade de vida da população, como diz Amartya Sen. Para ele, a qualidade de vida não restringe somente para os que produzem, os empreendedores, mas principalmente para a classe que trabalha e sofre com os efeitos dos empreendimentos realizados.

A produção de energia solar vem a cada dia ganhando mais espaço. Por ser uma produção sustentável, não causa grandes danos ambientais. Além disso, pode ser utilizada em

¹⁶ A guinada de países como China, Estados Unidos e Alemanha (entre outros) na direção de uma economia de baixo carbono comprometida com a redução das emissões de gases estufa foi o pano de fundo para a celebração do Acordo do Clima de Paris (COP-21), em dezembro de 2015. A China é um país capitalista, no qual o partido se confunde com o Estado, sendo considerada um país de economia emergente. Considerada mundialmente como o maior emissor de gases poluentes de efeito estufa, ela resolveu mudar de atitude e investir em energia renovável. Em 2007, conforme Celuppi (2017), os principais insumos energéticos utilizados por esse país era o petróleo, o gás natural e o carvão. Na preocupação de melhorar as condições de vida de sua população, que muito sofreu por causa da poluição, oriunda do uso do carvão, a China atualmente ocupa o topo do ranking dos maiores produtores e instaladores de painéis fotovoltaicos, segundo o blog China Link Trading (2015). Assim, o governo chinês incentiva a produção de energia limpa, com o intuito de acabar com sua má fama de poluidor mundial. No Acordo de Paris, a China se comprometeu a melhorar o ar de seu país, desacelerando as emissões de carbono no ar, desde então o consumo do carvão vem caindo ano a ano.

locais mais isolados, pois o sol se encontra em todos os lugares, sem a necessidade de linhas de transmissão.

“A energia solar é um exemplo de energia renovável e limpa, pois não polui durante seu uso” (CUSTÓDIO; VALLE, 2015, p. 26). Esse tipo de energia existe em abundância, sua manutenção e sua instalação são fáceis. Apesar de o custo inicial ser caro, os painéis solares têm vida útil em média de 25 anos. A energia elétrica é obtida através de painel solar que reage com a luz solar e produz energia elétrica. “São necessários módulos fotovoltaicos, controladores de carga e baterias para o seu funcionamento” (NEVES, 2013, p. 26). Geralmente, os painéis solares são instalados sobre o telhado de casas e edifícios ou também em lotes ou áreas vazias.

4.2 O painel fotovoltaico

A energia fotovoltaica teve seu início na década de 50, a primeira célula solar foi descoberta por duas mulheres, a física Maria Telkes e a dra. Eleanor Raymond. Em 1947, elas construíram a primeira casa totalmente aquecida por energia solar (HADDAD, 2017). As células fotovoltaicas foram muito utilizadas nessa época em razão do programa espacial norte-americano.

O painel fotovoltaico é constituído pela célula fotovoltaica de silício (Si) (composto de átomos carregados de elétrons), cada célula é colocada em série, uma após a outra. O silício é um material brilhante, que reflete mais de 30% da luz que incide nele. Os painéis captam a radiação solar, e um inversor solar converte a energia solar em energia elétrica, que poderá ser usada em casa nos aparelhos eletrodomésticos ou nos aparelhos da empresa.

Segundo Hinrichs, Kleinbach e Reis (2010, p. 448-449),

O princípio por trás do uso direto da energia solar para a produção de eletricidade foi descoberto e, 1887 por Heinrich Hertz e explicado em 1905 por Albert Einstein. Foi observado que, quando a luz atinge determinados metais, elétrons são emitidos. Esse fenômeno, conhecido como efeito fotoelétrico, pode ser estudado com um artefato. Quando a luz incide na placa negativa, elétrons são emitidos com uma quantidade de energia cinética inversamente proporcional ao comprimento de onda de luz incidente. [...]

A maior parte das células de silício é feita pelo agrupamento de duas camadas muito finas de silício cristalino, cada uma delas tratada de maneira especial. Normalmente não existem elétrons livres no silício e, desta forma, este elemento é um bom isolante. Por meio de um processo denominado “dopagem”, são adicionadas impurezas ao silício, alterando suas propriedades e tornando-o um condutor melhor.

O silício é o principal material na constituição das células fotovoltaicas (FV) e é o segundo elemento químico mais abundante na terra. Este tem sido explorado sob diversas formas: cristalino, policristalino e amorfo (CEMIG, 2012).

De acordo com Goldemberg e Lucon (2012, p. 244),

Células fotovoltaicas, descobertas em 1954, pelos pesquisadores da Bell Laboratórios, convertem a energia do Sol diretamente em eletricidade: os fótons absorvidos deslocam elétrons livres do material semicondutor. Quando os elétrons saem de suas posições, o desequilíbrio de cargas na frente e atrás da célula cria uma diferença de potencial, como os terminais de uma bateria. Conectadas as extremidades a um circuito, a eletricidade flui. Um módulo fotovoltaico é composto por painéis de células; cada uma possui 1 a 10 cm de lado e produz 1-2 W. A corrente gerada é contínua, ideal para pequenas aplicações, mas que precisa ser convertida em alternada para equipamentos maiores.

As células do painel fotovoltaico podem ser de silício monocristalino¹⁷ (m-Si) e silício policristalino¹⁸ (p-Si), esse último requer menos energia na sua produção, resultando num custo final mais barato que o das monocristalinas. O telureto de cádmio¹⁹ (CdTe) também é um material usado na fabricação dos painéis. São mais baratos do que as células de silício, apresentando um baixo custo se produzido em alta escala. Entretanto, esse último tem menor disponibilidade na natureza do que o silício, e o cádmio apresenta uma alta toxicidade, sendo assemelhado ao mercúrio. As células solares de disseleneto de cobre e índio²⁰ (CuInSe₂ ou CIS) são semelhantes às de telureto, não são fáceis de serem fabricadas, conforme América do Sol (2017).

Conforme Frontin e outros (2017, p. 71),

Para evitar a perda do material duas técnicas são utilizadas para minimizar esse fator: a primeira consiste em aplicar uma fina camada de monóxido de silício (SiO) na superfície da célula, reduzindo a reflexão para aproximadamente 10% e uma segunda camada adicional pode reduzir a reflexão para menos de 4%. A segunda técnica é a de fazer com que a superfície tenha um formato de pirâmides ou cones, para que a luz refletida novamente incida sobre a célula fotovoltaica, aumentando a possibilidade de absorção.

¹⁷ O silício monocristalino, cristal único de Si ou mono-SI é um material base da indústria eletrônica e está composto de silício no que a estrutura cristalina da totalidade do sólido é contínua, de forma ininterrupta (sem bordas de grão) a suas bordas. Pode-se preparar intrínseca, isto é, feito só de silício extremamente puro, ou dopado, que contém muito pequenas quantidades de outros elementos acrescentados para mudar de uma maneira controlada as suas propriedades semicondutoras. (WIKIPEDIA, 2018)

¹⁸ Silício policristalino, também chamado polisilício, é um material que consiste em pequenos cristais de silício. Diferencia-se do silício monocristalino, utilizado em eletrônica e células solares, e do silício amorfo, que se utiliza para os dispositivos de filme fino e outras células solares. (WIKIPEDIA, 2018).

¹⁹ Telureto de cádmio (CdTe) é um composto químico cristalino formado de cádmio e telúrio com uma estrutura cristalina cúbica (grupo espacial F-43m). Na forma cristalina ele é um semicondutor de gap de energia direto. CdTe é também um poderoso material para células solares. (WIKIPEDIA, 2018).

²⁰ O Disseleneto de Cobre e Índio é um material composto predominantemente pelos elementos químicos Cobre (Cu), Índio (I) e Selênio (Se). Sua fórmula química é CuInSe₂, podendo ser expresso na forma abreviada CIS, que corresponde as primeiras letras dos elementos que o compõem. (WIKIPEDIA, 2018).

Nesse raciocínio, Hinrichs, Kleinbach e Reis (2010) confirmam que a maioria das células FV são feitas de silício monocristalino. Primeiro, a sílica (SiO_2) é inicialmente refinada e purificada, logo depois, derretida e solidificada, assim, os átomos de silício são arranjados perfeitamente. Existem, ainda, dois outros tipos de células FV mais baratas – as policristalinas e a de silício amorfo. As primeiras são feitas de vários grãos de cristais únicos de silício embalados aleatoriamente, podem obter uma eficiência de 10% a 15%. As outras apresentam uma estrutura atômica desordenada, seriam as de “filme fino”, que são construídas pela deposição de camadas finas de material em uma base de metal ou vidro, essa técnica é utilizada em calculadoras e relógios.

Nos painéis fotovoltaicos têm-se alguns tipos de diferenciação entre célula, módulo e painel. Essa diferenciação é feita pelo América do Sol (2017), que mostra o que seria cada parte:

A célula nada mais é que a unidade básica desenvolvida para realizar a conversão direta de energia solar em elétrica. O módulo é a unidade formada por um conjunto de células solares, interligadas eletricamente e encapsuladas, com o objetivo de gerar eletricidade. Já os painéis são um ou mais módulos fotovoltaicos interligados eletricamente, montados de modo a formar uma única estrutura. Um conjunto de módulos, juntamente com equipamentos complementares (inversores e cabos), forma um sistema FV.

De acordo com Ruther (2004), um módulo solar pode ser construído com células solares feitas de fatias superfinais de silício de forma cristalina. Eles são colocados entre vidros e têm moldura de alumínio. A outra forma seria pela aplicação de um plasma, que é um material semicondutor, sobre um vidro ou um material flexível, este modelo é chamado de filme fino. Nesse último exemplo, além do silício amorfo, podem ser utilizados o telureto de cádmio (CdTe) ou o disseleneto de cobre (gálio) e índio (CIS e CIGS).

Com essa construção, os módulos tornam-se flexíveis, inquebráveis, leves, semitransparentes, com superfícies curvas, que aumentam a versatilidade na sua aplicação, conforme esclarece Ruther (2004).

Geralmente, os painéis solares são na cor azul, por essa cor apresentar uma melhor eficiência na conversão da energia solar em elétrica. Mas podem ser produzidos módulos de outra cor, como o vermelho e o verde como forma de atrair as pessoas e combinar com o projeto da casa.

Às vezes, o formato do telhado usado como suporte tem que ser adaptado, colocando um painel de rotação, que vai sempre ao encontro do sol. As placas solares que são colocadas nos telhados captam a energia do sol e essa vai direto para um conversor, na qual é

transformada em energia elétrica, essa sai do inversor solar vai para o seu “quadro de luz” e é distribuída para sua casa ou empresa, e assim reduz a quantidade de energia comprada da distribuidora (ANEEL, 2016).

O excedente de eletricidade retorna para a rede elétrica através do relógio de luz. Esse relógio de luz mede a energia da rua que é consumida quando não tem sol. A energia solar que é gerada em excesso quando tem muita radiação é injetada na rede da distribuidora, gerando “créditos de energia” para serem utilizados até 60 meses. Em outras palavras: energia limpa obtida com a luz do sol reduz a conta de luz de quem a produz. Contudo, a energia solar considerada renovável e limpa também produz alguns impactos, que serão explicados a seguir.

4.3 Impactos ambientais relacionados à energia solar

O impacto ambiental é a alteração que causa dano no meio ambiente, ocasionada pela ação humana, podendo afetar a saúde e o bem-estar de todas as espécies vivas. Os danos causados por essas alterações afetariam os meios físico, biótico e antrópico.

A resolução Conama nº 1/1986, art. 1º (BRASIL, 1986), define o impacto ambiental como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetem:

I- a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II- as atividades sociais e econômicas;

III- as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

IV- a qualidade dos recursos ambientais.

Na Convenção sobre Avaliação de Impacto Ambiental Transfronteiriço, o impacto é definido como qualquer efeito de uma atividade proposta sobre o meio ambiente, notadamente sobre a saúde e a segurança, a flora, a fauna, o solo, o ar, o clima, a paisagem e os monumentos históricos ou outras construções ou interação entre esses fatores²¹.

No mesmo entendimento estão Ghersi, Lovece e Weingarten (2004), que esclarecem que o impacto ambiental é aquele no qual o dano recai sobre o patrimônio ambiental de um povo²². “Os impactos então são intrinsecamente relacionados com as mudanças dos

²¹ No original: “*Impact means any effect caused by a proposed activity on the environment including human health and safety, flora, fauna, soil, air, water, climate, landscape and historical monuments or other physical structures or the interaction among these factors; it also includes effects on cultural heritage or socioeconomic conditions resulting from alterations to those factors*” (NAÇÕES UNIDAS, 1991/2004).

²² No original: “*Impacto ambiental al daño que recae sobre el patrimonio ambiental de la comunidad*” (GHERSI;

padrões de consumo e suas conseqüentes pressões sobre os recursos naturais” (GOLDEMBERG; LUCON, 2012, p. 114).

Segundo Orea e Villarino (2013),

O impacto ambiental se origina em uma ação humana e se manifesta segundo 3 fases sucessivas:

- modificação de algum dos fatores ambientais ou o conjunto do sistema ambiental,
- modificação do valor do fator alterado ou do conjunto do sistema ambiental,
- o significado ambiental de algumas modificações para a saúde e bem-estar humano.²³

Já no entendimento de Mirra (2008), o impacto ambiental constitucionalmente não é qualquer alteração do meio ambiente, mas sim aquela que provocaria uma degradação significativa ambiental. “Considera-se impacto ambiental a alteração drástica e de natureza negativa da qualidade ambiental” (MIRRA, 2008, p. 36).

Assim, toda alteração ou modificação no meio ambiental irá alterá-lo podendo causar danos ou não. Como forma de prevenir ou de precaver o dano, utiliza-se do princípio da prevenção e do princípio da precaução.

A legislação brasileira, na Lei nº 6.938/1981 (BRASIL, 1981), e a CF/1988 (BRASIL, 1988) determinaram que fosse realizado um estudo prévio do impacto ambiental a ser causado na área do empreendimento. A lei da política nacional do meio ambiente incluiu no seu art. 9º, inciso III, que a avaliação de impactos ambientais é um de seus instrumentos (BRASIL, 1981). Enquanto que a CF determinou no seu art. 225, §1º, inciso IV, o estudo do impacto ambiental “para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente” (BRASIL, 1988).

O dano provocado ocasiona um impacto ambiental que pode ser positivo e negativo, significativo ou não. No impacto positivo, sempre deve ser levado em conta o lado econômico. O EIA demonstrará quais seriam uns e quais seriam os outros, e o que o empreendedor deve fazer para minimizar ao máximo os danos ambientais ocasionados.

Na matriz energética, qualquer uma que seja escolhida irá provocar impactos ambientais, que, como afirma Marchesan (2015, p. 34), pode ser “de difícil quando não

LOVECE; WEINGARTEN, 2004, p. 27).

²³ *El impacto ambiental se origina en una acción humana y se manifiesta según tres facetas sucesivas:*

- *La modificación de alguno de los factores ambientales o del conjunto del sistema ambiental.*
- *La modificación del valor del factor alterado o del conjunto del sistema ambiental*
- *La interpretación o significado ambiental de dichas modificaciones, y en último término, para la salud y bienestar humano. Esta tercera faceta está íntimamente relacionada con la anterior ya que el significado ambiental de la modificación del valor no puede desligarse del significado ambiental del valor de que se parte.* (OREA; VILLARINO, 2013, p. 155)

impossível reparação”. Assim, por mais que um projeto seja elaborado e executado para a recuperação de danos ambientais, ele nunca irá deixar o meio ambiente como era antes. Por isso, o importante é prevenir, precaver e pensar que o bem ambiental é para esta e para as futuras gerações.

Na produção da energia renovável, há sempre a crença de que ela não produz resíduo e que seria uma energia limpa, sem provocar impactos. Contudo, mesmo sendo renovável e limpa, ela apresenta impactos significativos que devem ser mitigados. São mostrados aqui tanto os impactos positivos quanto os negativos na sua produção. Nos negativos, o que poderá ser feito para a preservação da sustentabilidade no desenvolvimento, com o fim de preservar para a atual e para as futuras gerações.

4.4 Impactos ambientais positivos na produção de energia solar

A energia solar é tecnologicamente mais avançada que os demais tipos de energia, porém possui alguns impactos no meio ambiente que devem ser considerados na implantação de algum empreendimento. É considerada uma energia limpa por deixar menos resíduos em comparação com outros tipos de energia. Sua fonte principal de energia, o sol, tem um potencial inesgotável, ao contrário dos outros tipos de energia renovável.

É considerada uma fonte renovável, apresentando grande sustentabilidade, sendo que a cada vez se utiliza menos matéria-prima, ou seja, o uso do silício está cada vez menor. É ainda considerada de baixo impacto ambiental, o que minimiza as perdas e reduz no carregamento das redes e os custos. A redução das perdas pela transmissão e pela distribuição ocorre porque a energia é consumida no local onde é produzida. Há também uma redução nos investimentos das linhas de transmissão e distribuição.

O uso da energia solar ameniza os impactos causados por outros tipos de energia, outras fontes, ela emite de 92% até 96% menos gás carbônico do que os combustíveis fósseis ao longo de sua vida útil (SOLSTÍCIO ENERGIA, 2017). Segundo a ANEEL, esse tipo de energia traz invocação para a economia brasileira, consciência socioambiental e autossustentabilidade. Afirmam Custódio *et al.* (2015) que, diferentemente da eólica e da hidráulica, a solar não necessita de grandes espaços para sua implantação, podendo os painéis serem fixados em paredes e telhados. Há ainda a facilidade de serem implantados em áreas remotas, dispensando as linhas de transmissão.

Sua utilização está amplamente presente no setor residencial, mas, conforme Freitas e Milkiewicz (2017), ela poderia ser usada em construção de usinas solares, proporcionando

uma produção maior de energia elétrica. Segundo os autores citados, o impacto da energia solar no chuveiro elétrico para o aquecimento elétrico teria uma grande redução, influenciando menos o pico de demanda do sistema elétrico.

Os impactos na fase de operação são praticamente reduzidos, a manutenção dos painéis é muito fácil, sendo necessária apenas uma limpeza periódica. Essa limpeza das placas é essencial para o desempenho das células solares que compõem as placas e pode ser realizada pelo próprio dono do empreendimento.

As células solares não causam poluição durante seu uso, conforme Hinrichs, Kleinbach e Reis (2010). “Como convertem diretamente a luz em eletricidade, não são limitadas pelos fundamentos da segunda lei da termodinâmica como os motores térmicos” (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2010, p. 447). Também um ponto a favor seria o tempo de construção de uma usina solar, que seria de um a dois anos, em comparação com o tempo de cinco a oito anos de uma usina de combustíveis fósseis.

Outro ponto positivo é que “dois terços dos painéis produzidos são de silício cristalino (C-Si). Sua composição é basicamente 90% de vidro, polímero e alumínio, que são classificados como resíduos não perigosos” (SOLSTÍCIO ENERGIA, 2017). O Brasil possui uma das maiores reservas de silício do mundo, o que facilita de forma considerável sua aquisição para a produção das placas solares.

Além desse tipo de painel, tem também os painéis de filme fino, que são compostos por “98% de vidro não perigoso, polímero e alumínio combinados com 2% de cobre e zinco (potencialmente perigosos) e semicondutores e outros elementos perigosos ao ser humano” (SOLSTÍCIO ENERGIA, 2017).

Conforme Solstício Energia (2017),

O impacto ambiental positivo a longo prazo é claro: uma maior preocupação com a pegada de carbono, destino correto aos componentes perigosos e eletroeletrônicos além de que, equipamentos mais eficientes utilizarão menos matéria-prima (nos últimos dez anos o uso do silício para um painel já caiu de 16 gr/Wp para menos de 4g/Wp).

A instalação das placas é rápida em razão da grande modularidade e de curtos prazos de instalação, conforme o América do Sol (2016). Além disso, o potencial econômico futuro é muito atrativo, ocasionando uma maior geração de empregos, uma maior produção de energia elétrica e uma melhoria na vida da população.

Nos locais dos empreendimentos ocorre um aumento de empregos e, conseqüentemente, da renda da população local. Apesar desse aumento no nível de vida da

população, este ainda não é o esperado por Amartya Sen, segundo ele, a melhoria seria eterna e não perene, como acontece nesses casos. Por causa do aumento da renda da população, há o crescimento da economia local e o aumento da arrecadação tributária, causando um dinamismo no comércio local.

Vê-se que os impactos positivos são importantes para ampliar e favorecer um maior uso desse tipo de energia no Brasil, uma vez que esses impactos são permanentes e se consolidam depois do empreendimento pronto. Entretanto, apesar de renovável e limpa, ela apresenta também impactos negativos, os quais serão descritos a seguir.

4.5 Impactos ambientais negativos na produção de energia solar

Os impactos ambientais negativos são aqueles que ocorrem quando os estudos feitos sobre determinada área ou empreendimento apresentam erros que não foram cogitados anteriormente. Para reduzir os impactos negativos criados, surgem as medidas mitigadoras, essas medidas raramente conseguem solucionar totalmente os casos, às vezes, não existe a possibilidade de mitigar um impacto. Quando não se consegue resolver um impacto negativo com uma medida mitigadora, têm-se as medidas compensatórias. Estas precisam ter o nexo com o impacto causado.

O sol é um recurso incrível para a produção de energia, permitindo uma geração de eletricidade aparentemente sem contaminação de tóxicos ou um efeito maior sobre o aquecimento global. Alguns sustentam que as placas fotovoltaicas são a forma mais limpa de geração de eletricidade e outros poucos dizem que é a única forma sem efeito sobre o meio ambiente. Entretanto, essa ideia é equivocada, já que a energia solar tem impactos ambientais significativos e multidimensionais durante as fases de construção, operação e fechamento. Os principais impactos ambientais da energia solar se associam ao uso da terra, da água, dos recursos naturais, dos materiais perigosos, das emissões de contaminação global do ciclo de vida e com o impacto visual.²⁴

²⁴ No original: “*Sin duda, el sol es un recurso increíble energía, permitiendo la generación de electricidad aparentemente sin contaminantes tóxicos o un efecto sobre el calentamiento global. Algunos sostienen que las placas fotovoltaicas son la forma más limpia de generación de electricidad y pocos van tan lejos como para afirmar que es la única forma sin efecto sobre el medio ambiente en todos. Esta idea sin embargo es erróneo, como la energía solar tiene impactos ambientales significativos y multidimensionales, durante la fase de construcción, operación y clausura.*”

Los principales impactos ambientales de la energía solar están asociados con:

- 1. El uso de la tierra*
- 2. El uso del agua*
- 3. El uso de los recursos naturales*
- 4. El uso de materiales peligrosos*

A análise dos impactos ambientais negativos ocorre desde a extração da matéria-prima até o manejo no fim de vida do produto (SOLSTÍCIO ENERGIA, 2017). Assim teriam-se três fases: o processo de manufatura, o operacional e a desconexão. Na manufatura, teria a extração da matéria-prima, a produção dos materiais e dos módulos, a instalação e a construção das usinas. No processo operacional, ocorreria a geração de energia e a operação do sistema e manutenção. E, ao final na desconexão, seria o descomissionamento dos sistemas e das usinas, com o descarte dos equipamentos e dos componentes.

Os impactos negativos dos painéis solares estão presentes durante todas as fases de construção de uma usina solar, desde a produção, passando pela construção e ao final, no desmantelamento dos sistemas, conforme informação do site Amazonas mais (2016).

Na produção, durante a construção das células fotovoltaicas, são utilizados vários “materiais perigosos para o ambiente e saúde e é consumida uma quantidade apreciável de energia, a que está ligada a emissão de poluentes atmosféricos, nomeadamente de gases de estufa” (AMAZONAS MAIS, 2016).

Além disso, os custos de implantação de uma usina solar ainda são elevados, principalmente quando se está longe da rede elétrica principal, inviabilizando seu maior uso. Para Freitas e Milkiewicz (2017), esse custo vem reduzindo nos últimos anos em razão da ampliação do mercado e do incentivo do governo. Estima-se que, entre 1,5 e 2,5 anos, o painel já tenha gerado a mesma quantidade de energia que já foi utilizada para produzi-lo (SOLSTÍCIO ENERGIA, 2017).

Em que pesem os elevados benefícios ambientais com a alteração do uso de recursos energéticos mais sustentáveis, há impactos inerentes à atividade, o que se evidencia especialmente em duas fases: na produção dos módulos e no fim da vida útil da planta, o que ocorre após aproximadamente 30 (trinta) anos de geração (parte é reciclada e o restante deve ser destinado a aterros sanitários). (FREITAS; MILKIEWICZ, 2017, p. 194)

A maior preocupação no uso da energia solar seria na confecção das placas solares, na extração do silício e ao final da sua vida útil, o que e como seriam os descartes dessas placas. O ciclo de vida de um painel fotovoltaico pode variar muito de país para país, além das diferentes tecnologias usadas como silício cristalino, filme fino e as variações dessas duas opções, segundo informação fornecida pelo Solstício Solar (2017).

Ainda durante a fase de produção, ou seja, ao serem produzidos os painéis fotovoltaicos, ainda na extração do silício, o impacto causado é pela degradação visual causada ao meio ambiente e ainda a poluição da água pela mineração, se os cuidados necessários não forem devidamente tomados, conforme Barbosa Filho (s.d.). Nessa fase também podem ocorrer os impactos na saúde das pessoas, como problemas nas vias aéreas e irritação nos olhos causada por poeira e gases das perfurações, juntamente com o barulho de ruídos e vibrações.

Para Barbosa Filho (s.d.),

No processo de purificação do silício, o impacto sobre o meio físico está ligado à emissão de hexafluoreto de enxofre, usado para limpar reatores, que é um potente gás de efeito estufa, além de chuva ácida; e no meio socioeconômico está ligado ao tetracloreto de silício, uma substância extremamente tóxica, que reage violentamente com a água, podendo causar queimaduras na pele [...]; e também ao uso de outros produtos químicos corrosivos (ácido clorídrico, sulfúrico, nítrico e fluorídrico) utilizados para remover as impurezas e materiais de limpeza de semicondutores. Na montagem de placas, o impacto é sobre o meio físico devido ao uso de materiais como o chumbo usado para fiação e algumas pastas de impressão, e também o uso de prata e o alumínio para fazer os contatos elétricos da célula.

Reforçando a ideia dos impactos na fase de produção, Brunel (2015) afirma que o processo de fabricação dos painéis fotovoltaicos contém materiais perigosos, e esses materiais, quando liberados para o meio ambiente, causam um grande impacto ambiental tanto nos grandes quanto nos pequenos sistemas fotovoltaicos. A maioria desses materiais são utilizados para limpar e purificar a superfície dos semicondutores e incluem: os ácidos clorídrico, sulfúrico e nítrico, o fluoreto de hidrogênio, o 1,1,1-tricloroetano, a acetona. Na fabricação, também pode ocorrer a inalação do pó de silício nos trabalhadores, atingindo a saúde destes.

Outro impacto seria em relação à operação para a instalação das usinas solares poder causar a poluição térmica e química nos recursos hídricos, a perda do habitat de algumas espécies de animais, devido ao uso da terra, o impacto visual e ainda ruídos e danos ao ecossistema, como esclarecem Guerra e Youssef (2011). No impacto visual, a degradação ambiental no local da implantação da usina deverá ser do tamanho do empreendimento, e, durante todo esse processo, a paisagem deve haver o monitoramento e as mitigações dos danos.

Na fase de construção ou montagem das usinas verificam-se também alguns impactos causados ao meio ambiente. Conforme Brunel (2015), o impacto nos recursos naturais seria o desmatamento da área a ser utilizada pelas usinas solares. Esse desmatamento em fazendas solares provoca questionamentos sobre uma maior sustentabilidade dos painéis tanto para a geração de energia elétrica quanto para a geração de alimentos para a população. O

desmatamento afetaria as espécies da fauna que têm seu habitat nessa região, poderia ocasionar até mesmo a extinção de algumas.

Existiriam no meio físico os impactos causados pela retirada da cobertura vegetal, como a alteração no lençol freático. Poderia ocasionar o impacto visual, causado por um possível reflexo da luz solar sobre as placas, podendo acarretar transtorno visual nas pessoas e nos animais, até mesmo alterando a rota de migração de espécies de pássaros, se forem atingidos pelo reflexo da luz (BARBOSA FILHO, s.d.).

Barbosa Filho (s.d.) continua a alertar acerca do impacto ambiental das usinas solares na fauna, mencionando a alteração no sistema reprodutor; a perda do habitat natural para a reprodução, a alimentação e a movimentação de algumas espécies, por isso são consideradas nesse tipo de impacto sua área de localização e as características dos ecossistemas locais. Pode provocar, ainda, o afugentamento e a fuga da fauna local para áreas que considerem mais seguras, conforme ensina o Canal Energia (2017). Também pode haver riscos de acidentes com animais e causados por estes, principalmente se o empreendimento estiver perto de alguma rodovia.

Na opinião de Brunel (2015), os painéis fotovoltaicos não precisam da água para gerar eletricidade, entretanto, usam a água para sua manutenção, pois ela é necessária para que as placas mantenham seu rendimento máximo. Assim, podem impactar os recursos hídricos da área onde será instalada, causando a contaminação do lençol freático, inundações, e reduzindo a água subterrânea. Com o desmate para a implantação da usina, uma superfície do terreno mais sujeita a erosão pode ser suscitada, podendo ainda causar o assoreamento de pequenos cursos d'água.

Os painéis também necessitam de uma quantidade muito grande de ferro, cobre e alumínio, além de utilizar o carbono. Muitos dos materiais são recicláveis, mas o esgotamento mineral não deve ser ignorado. São usados 3,3 por 1,2 gr de ferro e alumínio por Kwh produzido. As placas fotovoltaicas possuem componentes como as baterias ou acumuladores que, se não forem manejados de maneira correta, podem ocasionar danos ambientais, sendo que o descarte dessas placas é ainda difícil por apresentar na sua composição elementos nucleares e altamente poluentes.

Para Brunel (2015), as tecnologias mais avançadas também tendem a ampliar a lista dos materiais perigosos presentes na sua fabricação. No caso de um incêndio num sistema fotovoltaico, gases tóxicos poderiam ser produzidos, ocasionando a poluição do ar e atingindo o sistema respiratório de quem mora perto da usina ou das espécies de animais que estão na região.

Algumas células fotovoltaicas usam como matéria-prima o CdTe (Célula Fotovoltaica de Telureto de Cádmio) e o CIGS (Célula Fotovoltaica Disseleneto de Cobre Índio e Gálio), consideradas raras e “em caso de fabrico em larga escala podem contribuir para a depleção de recursos naturais” (AMAZONAS MAIS, 2016). “São ainda produzidos os resíduos sólidos, alguns dos quais perigosos” (AMAZONAS MAIS, 2016), necessitando de um manuseio e uma deposição controlados. Esses materiais citados, além de não serem de fácil fabricação, apresentam alta toxicidade dos elementos e pouca abundância na natureza.

O lítio presente na composição da placa fotovoltaica também é utilizado em baterias pequenas e leves. Entretanto, seu uso tem provocado impactos na mineração, afetando a população no seu acesso à água, onde ocorre a extração nociva, segundo Alves (2016).

De acordo com Nelson (2017),

Os painéis solares geram 300 vezes mais lixo tóxico por unidade de energia do que as usinas nucleares.

Se solar e nuclear produzirem a mesma quantidade de eletricidade nos próximos 25 anos que a energia nuclear produziu em 2016, e os resíduos forem empilhados em campos de futebol, o lixo nuclear atingiria a altura da Torre de Pisa (52 metros), enquanto o lixo solar atingiria a altura de dois milhões de toneladas Everests (16 km).

Em países como a China, a Índia e o Gana, as comunidades que vivem perto de aterros sanitários costumam queimar os resíduos para recuperar os valiosos fios de cobre para revenda. Como esse processo requer a queima do plástico, a fumaça resultante contém fumos tóxicos que são cancerígenos e teratogênicos (causadores de defeitos congênitos) quando inalados.

Os painéis solares contêm metais tóxicos como o chumbo, que poderiam danificar o sistema nervoso, bem como o cromo e o cádmio, agentes cancerígenos conhecidos. Todos os três são conhecidos por lixiviar despejos de lixo eletrônico existentes em fontes de água potável.

Outra desvantagem da energia solar é ser possível apenas durante o dia. Logo, para resolver este problema, são instaladas baterias elétricas a fim de armazenarem a energia coletada durante o dia, vale destacar que essas baterias contêm chumbo na sua composição.

Nesse sentido, os ensinamentos de Sen (2010) reforçam que o crescimento econômico não pode ser considerado um fim em si mesmo, pois o desenvolvimento econômico deve ser levado em conta juntamente com a melhoria de vida dos indivíduos. Essa melhoria não poderia ser apenas dos indivíduos que estão ganhando com a produção da usina solar, mas de toda a população. Ao passo que a maioria da população não pode ser afetada, ter seu estilo de vida comprometido em razão do enriquecimento de apenas uma pequena parcela de pessoas.

Além disso, o maior impacto seria ocasionado ao final da vida dos equipamentos do sistema fotovoltaico, no desmantelamento dos sistemas. “Considerando que a média de vida

útil de um painel solar é 30 anos, quantidades de resíduos anuais são esperados para o começo da década de 2030” (SOLSTÍCIO ENERGIA, 2017).

Haveria o lixo e a poluição provocados pelo descarte das placas solares. E, como o sistema das placas solares e a geração da energia delas ainda são processos considerados novos, ainda não foram vivenciados esse problema futuro e suas consequências.

Prevê-se que as placas tenham uma vida útil de 25 anos, e muitos países ainda não analisaram o descarte dessas placas ao final da utilização. Por enquanto, segundo Alves (2016), apenas a Europa exige que os fabricantes colem e eliminem o lixo solar ao fim de suas vidas. Seria plausível outros países produtores de energia solar seguirem o mesmo exemplo e já se anteciparem para o final do ciclo de vida das placas fotovoltaicas.

A Lei de Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) prevê a responsabilidade compartilhada do fabricante, do empreendedor no descarte dos resíduos. Não convém apenas produzir, vender, empreender e depois, ao final, deixar que o meio ambiente arque com todas as consequências. Com o descarte do material não mais utilizado, tem-se a falsa impressão de que não há com o que se preocupar, de tal forma, o problema está apenas começando. Questiona-se, por consequência, o que poderia ser feito depois.

Por certo, almejam-se a utilização de materiais menos tóxicos e um maior número de pesquisas sobre esse assunto. Outras soluções seriam a reutilização e/ou a reciclagem das placas, e o descarte apenas do essencialmente necessário nos aterros industriais.

Assim, “quando os painéis chegarem de vez ao final de sua vida útil, a reciclagem e o reaproveitamento dos seus componentes serão preferíveis ao descarte total do equipamento” (SOLSTÍCIO ENERGIA, 2018). Apesar de a PNRS ter mencionado sobre os 3Rs, não há pesquisa escrita sobre a reciclagem dos painéis de energia, e esse seria um ponto muito importante para que não restem dúvidas quando da sua destinação final.

Na reciclagem das placas, afirma Bruce Sohn, vice-presidente da First Solar, considerada a maior fábrica de painéis solares do mundo, que até 97% dos materiais usados na fabricação dos painéis podem ser extraídos e reaproveitados, utilizando a reciclagem térmica. Entretanto, o silício não pode estar presente na sua composição.

Apesar de apresentarem alguns impactos negativos importantes, esses são temporários e não ultrapassam as fronteiras dos empreendimentos solares. Desse modo, os impactos negativos ainda são menores em vista dos benefícios trazidos pelo uso da energia solar. Além dos impactos ocasionados pela produção da energia solar, tem-se, ainda, os resíduos que ela provoca. Assim, antes de abordar estritamente a respeito do resíduo provocado pelo desmantelamento dos painéis fotovoltaicos, fala-se um pouco sobre a PNRS.

4.6 Resíduos

A maior preocupação ao se pensar em desenvolvimento sustentável seria com o bem-estar de sua população, tanto no conceito econômico quanto no de saúde. Para ter um modelo ideal desse desenvolvimento, deve-se usar uma fonte de energia renovável, limpa e que não produz resíduo em excesso, prejudicial ao meio ambiente. A necessidade de falar sobre os resíduos sólidos neste trabalho encontra guarita na destinação dos resíduos e das placas fotovoltaicas depois do seu ciclo de vida útil.

Os resíduos ocasionados pelo homem são causadores de poluição, afetando em diversas formas a saúde das pessoas e o meio ambiente. É hoje um dos grandes desafios mundiais, inclusive tendo sido mencionado na encíclica papal *Laudato Si* (PAPA FRANCISCO, 2015). Nela, o papa Francisco enfatizou a degradação causada por eles.

Produzem-se anualmente centenas de milhões de toneladas de resíduos, muitos deles não biodegradáveis: resíduos domésticos e comerciais, detritos de demolições, resíduos clínicos, eletrônicos e industriais, resíduos altamente tóxicos e radioativos. A terra, nossa casa, parece transformar-se cada vez mais num imenso depósito de lixo. (PAPA FRANCISCO, 2015, p. 19).

Assim, apesar de ser uma das energias que menos degrada o meio ambiente e de ser considerada uma energia limpa, a preocupação com a energia solar fotovoltaica seria o resíduo produzido por ela, na fase do desmantelamento das usinas solares, visto que tais usinas possuem um ciclo de vida de 25 a 30 anos. Dessa forma, se faz necessário falar sobre a política de resíduos sólidos adotada no país.

A política nacional de resíduos sólidos foi instituída pela Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010). Nessa lei foi definido o destino do lixo, o que deve ser feito em relação ao reaproveitamento e à reciclagem juntamente com a responsabilidade de cada uma das pessoas envolvidas. O art. 1º da citada lei menciona as “diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis” (BRASIL, 2010).

A lei faz várias definições e determina os resíduos sólidos como:

[...] - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2010)

Mais uma questão importante trazida pela lei seria a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, de forma individual ou conjunta com fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e com “titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados”, visto que o objetivo principal é a redução dos “impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos” (BRASIL, 2010). Foi um grande passo em relação ao término do ciclo de vida de um produto, que era descartado e gerava lixo em excesso, causando poluição. É fácil comprar, usar e desprezar, sem se preocupar com o destino do produto. Ainda é frequente o descarte de materiais ultrapassados, que já atingiram seu ciclo de vida e perderam sua função. É de responsabilidade de todos pensar o que deve ser feito com cada produto, no término do seu ciclo de vida útil. Entende-se por ciclo de vida do produto a série de etapas que envolvem seu desenvolvimento, desde a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo até a disposição final.

Outro ponto de fundamental importância, trazido pela PNRS, foi o conceito de logística reversa. Segundo a disposição legal, esta seria o instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos ou outra destinação final ambientalmente adequada. Conforme Silva Filho e Soler (2013), a expressão *logística reversa* refere-se ao processo de retorno de algo num ciclo logístico inverso do sentido original, com isso, o legislador criou um instituto novo e atribuiu-lhe as ações de devolução, coleta e retorno de resíduos para o processo produtivo, levando em conta sua valorização.

Tem-se também outros conceitos importantes como o gerenciamento de resíduos sólidos e a gestão integrada de resíduos sólidos. O primeiro seria o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos. O segundo seria o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

Nos objetivos da lei, listam Silva Filho e Soler (2013, p. 79):

Promover o aproveitamento dos resíduos, direcionando-os para uma nova cadeia produtiva; reduzir a geração de resíduos sólidos. O desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais; incentivar o uso de insumos de menor agressividade ao meio ambiente de maior sustentabilidade; estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos de materiais reciclados e recicláveis, e incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental.

O legislador, ao propor os objetivos da lei, promoveu o estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo, alinhados com adoção e aprimoramento do uso de tecnologias mais limpas. Aqui também comporta, já trazido anteriormente neste trabalho, o princípio do não retrocesso na utilização de tecnologias, em que se explica que se não pode nem se deve retroceder em prol de um meio ambiente ecologicamente equilibrado. O mundo já não comporta mais o descarte irresponsável de produtos inutilizados lançados no meio ambiente, os rios brasileiros já deixaram de transportar água e se transformaram em um caminho de esgoto e lixo, motivo também pelo qual a energia hidrelétrica está em crise.

Ainda em relação aos objetivos da lei, preocupou-se o legislador não só com geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, mas também com a disposição final adequada e ambiental dos rejeitos (BRASIL, 2010). É enfatizada a reciclagem em várias partes da regulamentação que ficou conhecida como a lei dos 3 Rs: reduzir, reciclar e reutilizar.

Reciclar é transformar por alterações físicas, físico-químicas ou biológicas os materiais já usados em outro produto novo. Reutilizar ou reaproveitar é utilizar os mesmos materiais já usados no mesmo produto, eles não sofrem nenhuma transformação física, química ou biológica. Um verbo não se confunde com o outro. Esclarece a lei, no art. 3º, XIV, o que é reciclagem²⁵ e, no XVIII, o que é reutilização²⁶.

Os resíduos perigosos receberam um enfoque especial na lei, há um capítulo à parte somente para tratar desse assunto. A legislação cita os resíduos de mineração, gerados na atividade de pesquisa, na extração ou no beneficiamento de minérios. A necessidade de se falar aqui dos minérios é restrita apenas ao fato de estes serem usados na produção de uma placa fotovoltaica.

²⁵ Reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama (BRASIL, 2010).

²⁶ Reutilização: processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama (BRASIL, 2010).

Na classificação dos resíduos, a lei não traz claramente os resíduos causados pela energia solar, ela elenca os resíduos industriais, da construção civil e os da mineração, dentre outros. Assim, os resíduos das placas deverão estar no rol dos minérios por analogia.

Segundo Ribeiro (2013, p. 31), os resíduos industriais são classificados segundo a ABNT – NBR 1004 “como perigosos (classe I) ou não perigosos (classe II); e se não perigosos, como não inertes (classe II-A) ou inertes (classe II-B)”. Os resíduos perigosos não podem ser colocados no seu destino final em aterros sanitários, e sim nos aterros industriais, considerados especiais. Devendo estes sofrer a interferência de 2 dos 3Rs, ou seja, reutilizar e reciclar.

Já com relação aos princípios da lei, estariam, entre os já mencionados aqui anteriormente, como o da prevenção e da precaução, o do poluidor-pagador e o protetor-recebedor, o do desenvolvimento sustentável. O intuito do “princípio da prevenção é priorizar a precaução do risco de dano em detrimento da sua remediação” (SILVA FILHO; SOLER, 2013, p. 31). Segundo Silva Filho e Soler (2013), se houver alguma suspeita de danos em relação aos resíduos sólidos, os responsáveis deverão antecipar e tomar medidas preventivas em prol do desenvolvimento sustentável e do meio ambiente equilibrado.

O “princípio da precaução torna-se imprescindível na medida em que a reparação de um dano ambiental é difícil e nem sempre possível, além de certamente mais custosa do que se tivesse sido evitada” (SILVA FILHO; SOLER, 2013, p. 31). Esse princípio seria usado nos empreendimentos de energia solar nos casos onde não há respostas prontas, no sentido de impedir a ocorrência de danos sérios ou irreversíveis para o meio ambiente e a população.

No caso do princípio do poluidor-pagador, o empreendedor deve arcar com os danos que seu empreendimento causar, jamais seria pagar para poluir, mas pagar por ter provocado um dano, como se fosse uma penalidade para o seu ato. Entre os danos causados pelo empreendedor, em relação à PNRs, seria no descarte dos produtos por eles fabricados.

Por fim, o princípio do desenvolvimento sustentável visa desenvolver sem prejudicar a população e causar o mínimo de impacto possível ao meio ambiente. Nos dizeres de Silva Filho e Soler (2013), esse princípio busca o encaminhamento de ações destinadas ao desenvolvimento da economia e da sociedade, utilizando racionalmente os recursos naturais. Na área dos resíduos sólidos segue a mesma orientação, causar o menor impacto possível ao meio ambiente, a fim de preservá-lo para esta e para a futura geração.

Uma das maneiras de praticar o aproveitamento dos resíduos seria com a reciclagem e com a reutilização das placas fotovoltaicas. Os resíduos gerados pelas placas têm seu gerenciamento sob responsabilidade exclusiva das empresas geradoras. Conforme Ribeiro (2013, p. 31), cabe às empresas observar “a hierarquia da não geração, redução, reutilização,

reciclagem, tratamento desses resíduos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”.

Se a grande preocupação for a fase do desmantelamento das usinas, questiona-se qual e como o resíduo produzido afetaria o meio ambiente e qual seria sua destinação final. Já foi mencionado o impacto que muitos dos componentes das placas fotovoltaicas causam ao ser humano, sendo muito com um grande poder de contaminação, às vezes até cancerígeno. Como a Lei da PNRS não menciona nada sobre esse tipo de resíduo, faz-se urgente uma alteração legislativa. Conforme o pensamento de Custódio e Lima (2016), não pode “a coletividade e os órgãos públicos deixarem para o futuro algo que inequivocamente irá acontecer”. Segundo elas,

A indagação central que se apresenta é como trabalhar com a produção de uma energia alternativa, de menor impacto ambiental, mas que nos reserva, na posteridade, um resíduo sólido de alta complexidade e que compromete a garantia de uma sadia qualidade de vida?

A legislação brasileira neste setor, especificamente, da produção de energia ainda é tímida. É importante a geração de incentivos fiscais (fomentos) para a produção de energia e a garantia da segurança do sistema, porém, mostra-se, igualmente, imprescindível, o estabelecimento dos painéis fotovoltaicos, a principal preocupação do presente estudo.

A normatização da atividade é fundamental para o entendimento amplo e inequívoco de que a atividade de geração de energia produz impactos e que a rotulação de “energia limpa” não pode ser aceita de maneira irrestrita, sob pena de se renegar muitos impactos sérios, que seria um ato irresponsável, situação não admitida pelos parâmetros constitucionais. (CUSTÓDIO; LIMA, 2016, p. 224-225).

Seguindo o posicionamento das autoras citadas, a legislação brasileira deve se preocupar em inserir a parte relativa à destinação final dos resíduos das usinas solares. O bem maior seria a preservação de uma qualidade de vida para toda a população, geração atual e futura. Não se pode mais adiar esta questão que provoca desafios e está na iminência de acontecer.

A preocupação é pertinente, pois, como ainda não ocorreu nenhum desmantelamento de uma usina solar, há uma total inexperiência nessa área. E, conforme o princípio do ambiente ecologicamente equilibrado como direito fundamental à vida, o desafio é conciliar o crescimento econômico com a preservação ambiental.

A energia solar é renovável, limpa, produz muitos empregos, traz crescimento ao país, produz grande geração de empregos e se enquadra no conceito de desenvolvimento sustentável. Entretanto, precisa ser solucionado, pensado e destinado seu resíduo final.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia é essencial para a vida no planeta Terra. Pôde-se perceber que esta é fundamental desde a forma mais básica, como quando usada em aquecimentos, até os modos mais sofisticados, como o uso em indústrias. Existem várias formas da energia e entre elas há as não renováveis e as renováveis.

Na década de 70, quando o ser humano finalmente se conscientizou em relação aos recursos naturais não serem infinitos e que, sem cuidados, a própria vida humana no planeta estaria ameaçada, o homem percebeu que seu estilo de vida deveria passar por mudanças.

Aliado a essa ideia de preservação ambiental e uma maior conscientização de todos os envolvidos, houve uma mudança no uso de energias não renováveis para as energias renováveis. Inquestionavelmente, o planeta já não comportava mais tanto descaso e tanta negligência.

Dessa forma, a energia renovável ganhou cada vez mais espaço, e surgiram novas formas de tecnologias usando o sol, o vento e o mar. Uma vez que a presente pesquisa se limitou a falar sobre energia solar fotovoltaica, a dissertação foi desenvolvida em torno desse tema.

A energia do sol é inesgotável e chega até a terra de forma completamente gratuita. Aproveitando isso, novas tecnologias foram sendo utilizadas e, hoje em dia, o uso das usinas solares está em crescente expansão.

Ao longo desta dissertação foi possível responder aos questionamentos aqui apresentados, seja em relação à energia fotovoltaica ser ou não completamente limpa, seja sobre haver ou não desenvolvimento sustentável, tendo em vista o resíduo que esta causa, além da melhor destinação para os resíduos por ela provocados. Seria a energia fotovoltaica sustentável, em face do resíduo provocado por ela? E qual a destinação desse resíduo? Em relação à primeira, pôde-se concluir que, apesar de entre as renováveis ser a mais limpa, não o é de forma integral em razão dos resíduos provocados por ela, mas é sustentável. A energia solar é contínua, inesgotável e não poluente.

Gera mais complexidade o desenvolvimento sustentável da energia fotovoltaica tendo em vista o resíduo por ela provocado. O que seria feito com esse resíduo? Foram propostas a alteração da legislação e ainda a utilização da logística reversa pelos fabricantes.

Ademais, deve-se aplicar a PNRS na parte do resíduo provocado pela utilização da energia solar, visto que a lei nada menciona sobre a destinação desses resíduos. Assim seria necessária uma alteração legislativa, para não restar nenhuma dúvida. Existe uma grande inexperience no desmantelamento de usinas solares, e viu-se que os materiais usados na

fabricação das placas solares apresentam alta toxicidade, podendo afetar ao meio ambiente e a saúde da população.

Em relação ao questionamento sobre qual seria a melhor destinação para o resíduo por ela produzido, compreende-se que seria o uso dos materiais encontrados na placa em usinas de reciclagem para a produção de energia também. Lidar com o resíduo fotovoltaico será um desafio, mas podem surgir novas alternativas para novas oportunidades no mercado. Uma sugestão de alternativa para amenizar esses impactos e deixar a energia solar completamente limpa e renovável seria a reutilização dos metais das placas em usinas de transformação de resíduos em energia, isto é, a transformação de lixo em energia. E, uma outra, seria os próprios fornecedores e fabricantes das placas utilizarem da logística reversa. Depois de completo o ciclo os empreendedores levariam as placas ao fabricante para o reaproveitamento, reutilização ou a reciclagem do material utilizado.

Os sistemas fotovoltaicos são promissores assim como uma alternativa energética sustentável que, depois de instalada a usina, dentre os resíduos produzidos e considerados como impactos negativos, apenas a destinação final permanece como uma incógnita. Já que este problema ainda não foi vivenciado no Brasil.

Procurou-se ao longo de todo o trabalho definir o que seria desenvolvimento sustentável, tendo como marco teórico o livro de Amartya Sen. Para ele, o desenvolvimento vem aliado ao crescimento de toda a população, elevando a capacidade delas para se valorizarem e escolherem qual o tipo de vida que querem ter. Assim, serão livres para fazerem suas escolhas políticas, econômicas e sociais. Entretanto, definir a expressão desenvolvimento sustentável ainda é trabalho árduo, uma vez que ela não pode ser vista apenas sob o aspecto econômico, mas sim como um todo. O desenvolvimento abarcaria tudo, o econômico aliado ao bem-estar de toda uma população, e seguido de sua liberdade de escolha.

Este desenvolvimento seria duradouro e não apenas momentâneo. Os benefícios chegariam para a população em todos os setores, não seria o desenvolvimento apenas do empreendedor e de uma pequena parcela que lucra com o empreendimento.

Na parte jurídica apontada neste trabalho, notou-se que o uso dos princípios ambientais e de energia foi essencial para dar uma sustentação à matéria. Em virtude de não ter sido encontrado material relacionado, fato este que dificultou a pesquisa científica. Tem-se pouca legislação e é recente o surgimento de algumas mais específicas para a área. Viu-se que a legislação sobre energia solar ainda é tímida e recente, e em alguns pontos, como na destinação final dos resíduos oriundos do desmantelamento das usinas solares, a legislação é completamente silente. Deixando uma grande preocupação para um futuro próximo.

Apesar disso, conclui-se ao final que a energia solar é sustentável, renovável, limpa e considerada como a melhor a ser usada num país tropical como o Brasil. Basta saber como utilizá-la sem que cause danos ambientais e cuidando da preservação para esta e futuras gerações.

Chegou a vez de o sol brilhar.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Chamada 013/2011: Projeto estratégico: “Arranjos técnicos e comerciais para inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira”. 2011. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/ped_2011-chamadape13-2011.pdf>. Acesso em: 25 maio 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução normativa nº 482, de 17 de abr. 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 abr. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução normativa nº 687, de 24 nov. 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2 dez. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. *Site* institucional. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 25 maio 2018.
- ALEXY, Robert. **Teoria dos Direitos Fundamentais**. Tradução Virgílio Afonso da Silva. São Paulo: Malheiros, 2015.
- ALVARES, Walter T. **Direito da Energia**. Belo Horizonte: Instituto de Direito da Eletricidade, 1974.
- ALVES, José Eustáquio Diniz. **O pico do lítio e as dificuldades de armazenamento das energias renováveis**. Ecodebate. 2016. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2016/12/21/o-pico-do-litio-e-as-dificuldades-de-armazenamento-das-energias-renovaveis-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves>>. Acesso em: 20 dez. 2017.
- AMAZONAS MAIS. *Site* institucional. Disponível em: <<http://amazonasmais.com.br/impactos-ambientais-da-energia-solar/>>. Acesso em: 4 abr. 2018.
- AMÉRICA DO SOL. *Site* institucional. Disponível em: <<http://americadosol.org>>. Acesso em: 15 abr. 2018. (Programa do Instituto Ideal de Disseminação da Energia Solar Fotovoltaica).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTÁICA – ABSOLAR. *Site* institucional. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br>>. Acesso em: 4 abr. 2018.
- ÁVILA, Humberto. **Teoria dos Princípios: da definição à aplicação dos princípios jurídicos**. São Paulo: Malheiros, 2008.
- BARBOSA FILHO, Wilson Pereira. **Impactos ambientais em usinas solares fotovoltaicas**. Disponível em: <http://techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1862>. Acesso em 14 mar. 2018.
- BENJAMIN, Antônio Herman. Constitucionalização do ambiente e ecologização da Constituição Brasileira. In: CANOTILHO, José Joaquim Gomes; LEITE, José Rubens Morato (Org.). **Direito Constitucional Ambiental Brasileiro**. São Paulo: Saraiva, 2008. p. 57-135.

BERMANN, Célio. Crise ambiental e as energias renováveis. **Cienc. Cult**, São Paulo, v. 60, n. 3, Sept. 2008. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252008000300010>. Acesso em: 6 nov. 2016.

BONAVIDES, Paulo. **Curso de Direito Constitucional**. São Paulo: Malheiros, 2007.

BOYLE, G. **Renewable energy: power for a sustainable future**. 2. ed. New York: Oxford University Press Inc., 2004.

BRASIL. Lei nº 5.655/71, de 20 mai. 1971. Dispõe sobre a remuneração legal do investimento dos concessionários de serviços públicos de energia elétrica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 20 de maio de 1971. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5655.htm>. Acesso em: 03 jul. 2018.

BRASIL. Decreto nº 83.740, de 18 de jul. 1979. Institui o Programa Nacional de Desburocratização e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 18 de julho de 1979. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d83740.htm>. Acesso em: 3 jun. 2018.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 ago. 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2 set. 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 7 jan. 2018.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil, 1988. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 26 jan. 2018.

BRASIL. Lei nº 8.631/93, de 4 de março de 1993. Dispõe sobre a fixação dos níveis das tarifas para o serviço público de energia elétrica, extingue o regime de remuneração garantida e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 4 de março de 1993. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8631compilado.htm>. Acesso em: 03 jul. 2018.

BRASIL. Lei nº 9.074, de 7 jul. 1995. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 7 jul. 1995. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19074cons.htm>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BRASIL. Lei nº 9.427, de 26 de dez. 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. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/leis/L9427cons.htm>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BRASIL. Lei nº 9.478, de 6 de ago. 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 7 ago. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9478.htm>. Acesso em: 31 jan. 2018.

BRASIL. Lei nº 9.648, de 27 mai. 1998. Altera dispositivos das Leis nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961, nº 8.666, de 21 de junho de 1993, nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, nº 9.074, de 7 de julho de 1995, nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e autoriza o Poder Executivo a promover a reestruturação das Centrais Elétricas Brasileiras – ELETROBRÁS e de suas subsidiárias e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 27 mai. 1998.

Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9648compilada.htm>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 jul. 2000a. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 19 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm>. Acesso em: 7 jan. 2018.

BRASIL. Lei nº 9.991, de 24 jul. 2000b. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 24 de julho de 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9991.htm>. Acesso em: 03 jul. 2018.

BRASIL. Lei nº 10.433, 24 abr. 2002a. Dispõe sobre a autorização para a criação do Mercado Atacadista de Energia Elétrica – MAE, pessoa jurídica de direito privado, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 24 abr. 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10433.htm>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BRASIL. Lei nº 10.438, 26 abr. 2002b. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfra), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, nº 9.648, de 27 de maio de 1998, nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961, nº 5.655, de 20 de maio de 1971, nº 5.899, de 5 de julho de 1973, nº 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 26 abr. 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/leis/2002/L10438.htm>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BRASIL. Decreto nº 4.873, de 11 nov. 2003a. Institui o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica – “LUZ PARA TODOS” e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 12 nov. 2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4873.htm>. Acesso em: 3 jun. 2018.

BRASIL. Lei nº 10.762, 11 nov. 2003b. Dispõe sobre a criação do Programa Emergencial e Excepcional de Apoio às Concessionárias de Serviços Públicos de Distribuição de Energia Elétrica, altera as Leis nºs 8.631, de 4 de março de 1993, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 12 nov. 2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.762.htm>. Acesso em: 3 abr. 2018.

BRASIL. Lei nº 10.848, de 15 mar. 2004a. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nºs 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 15 mar. 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.848.htm#art29>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BRASIL. Lei nº 10.933, de 11 de agosto de 2004b. Dispõe sobre o Plano Plurianual para o período 2004/2007. **Diário Oficial da União**. Brasília, 12 ago. 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.933.htm>. Acesso em: 24 maio 2018.

BRASIL. Lei nº 11.097, de 13 de jan. 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 14 jan. 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm>. Acesso em: 31 jan. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília, 2007a. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/apresentacoes?p_p_id=20&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_20_struts_action=%2Fdocument_library%2Fview_file_entry&_20_redirect=http%3A%2F%2Fwww.mme.gov.br%2Fweb>. Acesso em: 23 maio 2018.

BRASIL. Lei nº 11.488, de 15 de jun. 2007b. Cria o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infra-Estrutura – REIDI; reduz para 24 (vinte e quatro) meses o prazo mínimo para utilização dos créditos da Contribuição para o PIS/Pasep e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social – COFINS decorrentes da aquisição de edificações; amplia o prazo para pagamento de impostos e contribuições; altera a Medida Provisória nº 2.158-35, de 24 de agosto de 2001, e as Leis nºs 9.779, de 19 de janeiro de 1999, 8.212, de 24 de julho de 1991, 10.666, de 8 de maio de 2003, 10.637, de 30 de dezembro de 2002, 4.502, de 30 de novembro de 1964, 9.430, de 27 de dezembro de 1996, 10.426, de 24 de abril de 2002, 10.833, de 29 de dezembro de 2003, 10.892, de 13 de julho de 2004, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 10.438, de 26 de abril de 2002, 10.848, de 15 de março de 2004, 10.865, de 30 de abril de 2004, 10.925, de 23 de julho de 2004, 11.196, de 21 de novembro de 2005; revoga dispositivos das Leis nºs 4.502, de 30 de novembro de 1964, 9.430, de 27 de dezembro de 1996, e do Decreto-Lei nº 1.593, de 21 de dezembro de 1977; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 15 jun. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11488.htm>. Acesso em: 31 jan. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.212, de 20 jan. 2010a. Dispõe sobre a Tarifa Social de Energia Elétrica; altera as Leis nºs 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.925, de 23 de julho de 2004, e 10.438, de 26 de abril de 2002; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 21 jan. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20072010/2010/Lei/L12212.htm>. Acesso em: 3 jul. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 agosto de 2010b. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 24 maio 2018. **Diário Oficial da União**. Brasília, 3 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 27 maio 2018.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. Recurso especial 1.328.753-MG. Rel. Min. Herman Benjamin. Brasília, 28 mai. 2013. Disponível em: <http://www.stj.jus.br/docs_internet/informativos/RTF/Inf0526.rtf>. Acesso em: 21 jan. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Convenção das Nações Unidas sobre o clima**. Acordo de Paris, Paris, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. Instrução normativa nº 40, de 13 de novembro de 2017. Dá nova redação à Instrução Normativa nº 14, de 22 de março de 2017, que regulamenta o Programa Minha Casa, Minha Vida – Entidades – PMCMV-E. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 nov. 2017. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza>>

/index.jsp?data=14/11/2017&jornal=515&pagina=54&totalArquivos=128>. Acesso em: 25 maio 2018.

BRUNEL, Emmanouil Fylladitakis Brunel. **Impactos ambientales de los sistemas fotovoltaicos**. 2015. University Reino Unido. Disponível em: <http://www.labri.fr/perso/billaud/Helios2/resources/es15/Chapter_15_ES.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2018.

BURSZTYN, Marcel *et al.* A difícil sustentabilidade: política energética e conflitos ambientais. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

CAMPOS, Clever. **Curso básico de direito de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: Synergia, 2010.

CANAL ENERGIA. *Site* institucional. s.d. Disponível em: <<https://www.canalenergia.com.br>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

CELUPPI, Rafael. **Energia solar**: uso renovável na indústria. Curitiba: Appris, 2017.

CHINA LINK TRADING. *Site* institucional. Disponível em: <<http://www.chinalinktrading.com/blog/>>. Acesso em 11 abr. 2018.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS- CEMIG. *Site* institucional. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 6 jun. 2017.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Alternativas Energéticas**: uma visão Cemig. Belo Horizonte: Cemig, 2012.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991. 430 p.

CORREIA, Victor. Energia armazenada em tijolos refratários. **Estado de Minas**. Belo Horizonte, jun./2017. *Ciência e Saúde*, p. 14.

COSTA, Beatriz Souza. **Meio ambiente como direito à vida**. Brasil, Portugal e Espanha. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2016.

COSTA, Ricardo Cunha da; PRATES, Cláudia Pimentel T. O papel das fontes penetração no mercado. **BNDES**, Rio de Janeiro, n. 21, mar.2005. Disponível em:<http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2102.pdf>. Acesso em: 4 fev. 2018.

CUSTÓDIO, Maraluce M.; VALLE, Cíntia Nogueira de Lima. Energia renovável, energia alternativa e energia limpa: breve estudo sobre a diferenciação dos conceitos. In: CUSTÓDIO, Maraluce M. *et al.* **Energia e direito**: perspectivas para um diálogo de sustentabilidade. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2015, p. 5/40.

CUSTÓDIO, Maraluce M.; GUEDES, Isabel Camargo. Energia eólica offshore: subutilização econômica da matriz energética. In: CUSTÓDIO, Maraluce M. *et al.* **Energia e direito**: perspectivas para um diálogo de sustentabilidade, v. II. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2016, p. 211/231.

DIREITO de Energia. Jusbrasil, Salvador, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/topicos/26413204/direito-de-energia>>. Acesso em: 8 set. 2016.

FERRAZ JR., Tercio Sampaio. **Introdução ao estudo do direito**: técnica, decisão, dominação. São Paulo: Atlas, 2010.

FERREIRA FILHO, Manoel Gonçalves. **Direitos humanos fundamentais**. 4. ed. rev. São Paulo: Saraiva, 2000.

- FERREIRA, Heline Sivini. Política ambiental constitucional. In: CANOTILHO, José Joaquim Gomes; LEITE, José Rubens Morato (Org.). **Direito Constitucional Ambiental Brasileiro**. São Paulo: Saraiva, 2008. p. 233-322.
- FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. **Curso de direito ambiental brasileiro**. São Paulo: Saraiva, 2015.
- FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. Prevenção ou precaução? O art. 225 da Constituição Federal e o dever de preservar os bens ambientais com fundamento na dignidade da pessoa humana (art. 1º, III da CF) assim como nos valores sociais do trabalho e da livre iniciativa (art. 1º, IV da CF). In: THOMÉ, Romeu *et al.* **Questões controversas: direito ambiental, direitos difusos e coletivos e direito do consumidor**. Salvador: JusPODIVM, 2013. p. 195-201.
- FIORILLO, Celso Antônio Pacheco; FERREIRA, Renata Marques. **Curso de Direito da Energia**. São Paulo: Saraiva, 2009.
- FISSÃO nuclear. In: Significados. S.l.: s.n., s.d. Disponível em: <<https://www.significados.com.br/fissao-nuclear/>>. Acesso em: 11 jul. 2018.
- FRANÇA, Vanessa Sayuri Massuda; DEBONI, Guiliano. Energia solar: características, vantagens e incentivos. In: FREITAS, Vladimir Passos de; MILKIEWICZ, Larissa *et al.* **Fontes de energia e meio ambiente**. Curitiba: Juruá, 2017. p. 189-208.
- FREIRE, Mônica Bahia Galante. Dialética entre os princípios de direito ambiental e de energia. In: CUSTÓDIO, Maraluce M. **Energia e Direito: perspectivas para um diálogo de sustentabilidade**, v. II. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2016.
- FRONTIN, Sérgio de Oliveira; BRASIL JR., Antônio Cesar Pinho; CARNEIRO, Maria Tereza Diniz; GODOY, Nara Rúbia Dante de *et al.* **Usina Fotovoltaica Jaíba Solar: planejamento e engenharia**. Brasília: Teixeira Gráfica, 2017.
- FUSÃO nuclear. In: Wikipédia. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Fus%C3%A3o_nuclear>. Acesso em: 4 jun. 2018.
- GARCIA, Denise Schmitt Siqueira. Dimensão Econômica da Sustentabilidade: uma análise com base na economia verde e a teoria do decrescimento. **Veredas do direito**, Belo Horizonte, v. 13, n. 25, p. 133-153. Disponível em: <<http://www.domhelder.edu.br/revista/index.php/veredas/article/view/487/478>>. Acesso em: 23 maio 2017.
- GASPARETTO JR., Antonio. A crise do petróleo. **InfoEscola**. s.d. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/economia/crise-do-petroleo>>. Acesso em: 2 jun. 2018.
- GERENT, Juliana. **Conflitos ambientais globais: mecanismos e procedimentos para a solução de controvérsias**. Curitiba: Juruá Editora, 2016.
- GHERSI, Carlos A.; LOVECE, Graciela; WEINGARTEN, Celia. **Daños al ecosistema y al medio ambiente**. Cuantificación económica del daño ecoambiental. La publicidad. Políticas de anticipación y prevención. Instrumentos económicos, financieros e impositivos. Gestión ineficiente de la función pública. El turismo. Responsabilidad penal de las empresas. Ciudad de Buenos Aires: Astrea de Alfredo y Ricardo Depalma, 2004.
- GOLDEMBERG, José *et al.* **Energia e Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Blucher, 2010.
- GOLDEMBERG, José; LUCON, Osvaldo. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.
- GOLDEMBERG, José; VILLANUEVA, Luz Dondero. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

- GUERRA, José Baltazar Salgueirinho Osório de Andrade; YOUSSEF, Youssef Almad. **As energias renováveis no Brasil: entre o mercado e a universidade**. Palhoça: Editora Unisul, 2011.
- HADDAD, Amini. **Mulheres extraordinárias I e II**. 9 mar. 2017. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/mulheres-extraordin%C3%A1rias-i-e-ii-amini-haddad>>. Acesso em: 22 abr. 2018.
- HINRICHS, Roger A; KLEINBACH, Merlin; REIS, Lineu Belico dos. **Energia e Meio Ambiente**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- INTERNACIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Renewable Energy: into the Mainstream**. Paris: IEA, 2018.
- JONAS, Hans. **O Princípio da Responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica**. Tradução de Marijane Lisboa e Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUC Rio, 2006.
- LANCHOTTI, Andressa de Oliveira. **Evaluación de Impacto Ambiental y Desarrollo Sostenible**. Belo Horizonte: Arraes, 2014.
- LEITE, José Rubens Morato. Sociedade de risco e estado. In: CANOTILHO, José Joaquim Gomes; LEITE, José Rubens Morato (Org.). **Direito Constitucional Ambiental Brasileiro**. São Paulo: Saraiva, 2008. p. 136-204.
- LEUZINGER, Márcia Dieguez; CUREAU, Sandra. **Direito ambiental**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- LIMA, Ariadne Camargos; MACHADO JÚNIOR, José Carlos. A utilização da energia solar no Brasil: comparação com outros estados. In: CUSTÓDIO, Maraluce M. *et al.* **Energia e direito: perspectivas para um diálogo de sustentabilidade**, v. II. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2016.
- LUIZ, Adir Moysés. **Energia solar e preservação do meio ambiente**. São Paulo: Livraria da Física, 2013.
- MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito ambiental brasileiro**. São Paulo: Malheiros, 2016.
- MARCHESAN, Ana Maria Moura. A antiética do fato consumado. CONGRESSO DE DIREITO AMBIENTAL, 21, v. 1, **Anais...** São Paulo: Instituto Direito por um Planeta Verde, 2015.
- MICHELLIS JR., Décio; FONSECA, Ênio. **O Setor Elétrico é sustentável?** Agência CanalEnergia. Rio de Janeiro, 4 de maio de 2017. Disponível em: <<http://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/IFES/BV/michellis2.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2017.
- MILARÉ, Edis. **Direito do Ambiente: doutrina, prática, jurisprudência, glossário**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2010.
- MINAS GERAIS. Lei nº 22.866, 08 jan. 2018. Acrescenta parágrafo ao art. 4º da Lei nº 11.396, de 6 de janeiro de 1994, que cria o Fundo de Fomento e Desenvolvimento Socioeconômico do Estado de Minas Gerais – Fundese – e dá outras providências. Belo Horizonte, 08 jan. 2018. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LEI&num=22866&comp=&ano=2018>>. Acesso em: 24 maio 2018.
- MIRRA, Álvaro Luiz Valery. **Impacto ambiental: aspectos da legislação brasileira**. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2008.
- NADER, Paulo. **Introdução ao estudo do direito**. Rio de Janeiro: Forense, 2010.

NELSON, Mark. **Are we headed for a solar waste crisis?** Disponível em: <<http://www.theenergycollective.com/energybants/2407383/headed-solar-waste-crisis>>. Acesso em: 4 abr. 2017.

OREA, Domingo Gómez; VILLARINO, Maria Teresa Gómez. **Evaluación de Impacto Ambiental**. Madri: Ediciones Mundi_Prensa, 2013.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Convenção sobre Avaliação de Impacto Ambiental Transfronteiriço -1991**. Disponível em: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2017/EIA/Publication/1733290_pdf_web.pdf>. Acesso em: 25 maio 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Declaração da conferência das nações unidas sobre o meio ambiente humano – 1972**. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/estocolmo1972.pdf>>. Acesso em: 2 maio 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso em: 2 maio 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Objetivos do desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu>>. Acesso em: 2 maio 2018.

PAINEL SOLAR. **Desvantagens das Placas Solares**. Disponível em: <<http://painelsolares.com/desvantagens-das-placas-solares>>. Acesso em: 8 abr. 2018.

PAPA FRANCISCO. **Carta Encíclica Laudato Si**: sobre o Cuidado da Casa Comum. Roma; Cidade do Vaticano, 24 mai. 2015. Belo Horizonte, Paulinas, 2015.

PORTAL SOLAR. **Blog solar**: notícias e curiosidade sobre energia solar. 2015. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/china-reduzira-tarifas-de-projetos-de-energia-solar-iniciados-em-2017>>. Acesso em: 2 jan. 2018.

RAMINELLI, Francieli Puntel; THOMAS, Sara Daniela. O meio ambiente como direito humano fundamental na contemporaneidade. **Revista eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 7, n. 1, p. 47-59, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/revistadireito/article/view/7173/4297#.WebJzhSkV-w>>. Acesso em: 6 dez. 2016.

RECICLAGEM DAS PLACAS SOLARES. Categoria: Geral. Disponível em: <<https://www.enelx.com.br/blog/category/geral>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

RIBEIRO, José Cláudio Junqueira. O que são resíduos sólidos? In: COSTA, Beatriz Souza; RIBEIRO, José Cláudio Junqueira *et al.* **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**: direitos e deveres. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2013. p. 21-38.

RUTHER, Ricardo. Edifícios solares fotovoltaicos. **LabEEE**. 2004. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/publicacoes>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

SALAMONI, Isabel Tourinho. **Um programa residencial de telhados solares para o Brasil**: diretrizes de políticas públicas para a inserção da geração fotovoltaica conectada à rede elétrica. 2009. 186f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SAMPAIO, José Adércio Leite; WOLD, Chris; NARDY, Afrânio. **Princípios de Direito Ambiental**: na dimensão internacional e comparada. Belo Horizonte: Del Rey, 2003.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

- SEGALLA, Amaury. Fontes Alternativas. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 6 jan. 2018. Negócios, p. 11.
- SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.
- SILVA FILHO, Carlos Roberto Vieira da *et al.* **Gestão de resíduos sólidos: o que diz a lei**. 2. ed. São Paulo: Trevisan Editora, 2013.
- SILVA, José Afonso da. **Direito ambiental constitucional**. 15. ed. rev. atual. São Paulo: Malheiros, 2011.
- SILVA, Marcus Vinícius Santos da. **Estudo de filmes finos de CuInSe₂ para aplicação em células fotovoltaicas**. 2010. 177 f. Tese (Doutorado em Física) – Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2010. Disponível em: <https://blog.ufba.br/pgif/files/2016/06/T05-IF-UFBA.pdf>.
- SILVA, Pedro Paulo de Lima *et al.* **Dicionário brasileiro de ciências ambientais**. Rio de Janeiro: Thex Ed., 2002.
- SIMIONI, Carlos Alberto. **O uso de energia renovável sustentável na matriz energética brasileira: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis**. 2006. 300 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/5080/Carlos%20Aberto%20Simioni.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 28 fev. 2018.
- SIMIONI, Rafael Lazzarotto. **Direito ambiental e sustentabilidade: O problema e as possibilidades de comunicação intersistência e seus impactos jurídicos. O planejamento jurídico da sustentabilidade**. Curitiba: Juruá, 2011.
- SOLSTÍCIO ENERGIA. Análise de ciclo de vida: painéis fotovoltaicos. 25 nov. 2017. Disponível em: <https://www.solsticioenergia.com/2017/11/25/impacto-da-energia-solar-meio-ambiente>. Acesso em: 8 abr. 2018.
- STEIGLEDER, Annelise Monteiro. **Responsabilidade civil ambiental: as dimensões do dano ambiental no direito brasileiro**. 2. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2011. 278 p.
- THE GUARDIAN. President ‘has four years to save Earth’. s.d. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/2009/jan/18/jim-hansen-obama>. Acesso em: 11 jul. 2018.
- THOMÉ, Romeu. **O princípio da vedação de retrocesso socioambiental: no contexto da sociedade de risco**. Salvador: JusPODIVM, 2014.
- TRIGUEIRO, André. **Cidades e soluções: como construir uma sociedade sustentável**. Rio de Janeiro: LeYa, 2017.
- VEIGA, José Eli da. **Sustentabilidade: a legitimação de um novo valor**. São Paulo: Editora Senac, 2010.
- VIDIGAL, Armando Amorim Ferreira *et al.* **Amazônia azul: o mar que nos pertence**. Rio de Janeiro: Record, 2006.
- NEVES, Luciana. **Viver energia: no calor do sol**. Belo Horizonte: VB Editora e Comunicação Ltda, 2013. p. 25-27.
- XAVIER, Yanko Marcus de Alencar; ALVES, Germano; GUIMARÃES, Patrícia Borba Vilar. **Direito das energias renováveis e desenvolvimento**. Natal: EDUFRN, 2013.
- YARZA, Fernando Simón. El llamado derecho al medio ambiente: un desafío a la teoría de los derechos fundamentales. **Revista Española de Derecho Constitucional**. n. 94, enero-abril, 2012, p. 153-179. Disponível em: <http://www.revistasconstitucionales.unam.mx/pdf/3/art/art10.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2016.