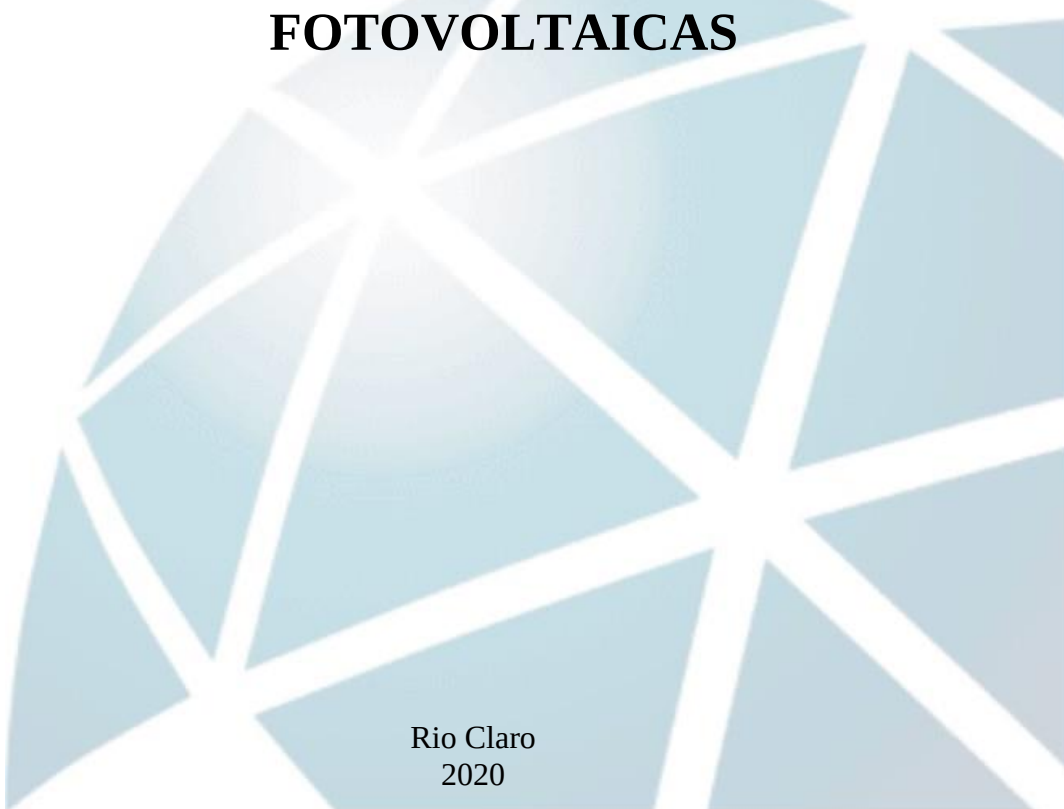

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JAQUELINE SOUZA AFONSO

**POLÍTICAS PÚBLICAS PARA GERAÇÃO
DISTRIBUÍDA A PARTIR DE USINAS
FOTOVOLTAICAS**



Rio Claro
2020

JAQUELINE SOUZA AFONSO

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA A PARTIR DE
USINAS FOTOVOLTAICAS

Orientador: JONAS CONTIERO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus de Rio Claro, para obtenção do grau de Bacharela em Ciências Biológicas.

Rio Claro
2020

A257p

Afonso, Jaqueline Souza

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA A PARTIR DE USINAS FOTOVOLTAICAS / Jaqueline Souza Afonso.

-- Rio Claro, 2021

57 p. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Jonas Contiero

1. Geração distribuída. 2. Matriz elétrica e Energética. 3. Energia solar e Usinas Fotovoltaicas. 4. REN 482/2012. 5. Políticas Públicas.

I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

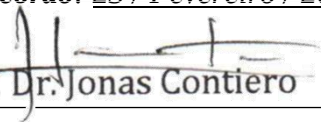
JAQUELINE SOUZA AFONSO

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA A PARTIR DE
USINAS FOTOVOLTAICAS

Orientador: JONAS CONTIERO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de
Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho” - Campus de Rio Claro, para obtenção do grau
de Bacharela em Ciências Biológicas.

De acordo: 23 / Fevereiro / 2020.


Prof. Dr. Jonas Contiero

(assinatura do Orientador)

De acordo: 23 / Fevereiro / 2020.



(assinatura da Aluna)

Rio Claro
2021

RESUMO

Desde o Século XX, o Brasil registrou aumento do consumo de energia primária, resultado conjunto do desenvolvimento econômico e mudança demográfica da população. É inerente afirmar que para a evolução econômica o consumo energético é imprescindível; promove a melhoria da qualidade de vida, consumo de bens e serviços pela sociedade. As usinas hidrelétricas são responsáveis por 60% de toda a matriz elétrica do Brasil, entretanto, o país enfrenta problemas hídricos de sazonalidade que geram a diminuição dos níveis das barragens, resultando em menor produção de eletricidade. Esse cenário de instabilidades evidencia a necessidade de diversificar a matriz elétrica Nacional, demandando matrizes que sejam mais sustentáveis, com menores impactos ambientais e que respeitem os acordos internacionais. Através da Resolução Normativa 482/2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) regulamentou o investimento em Geração Distribuída (GD). Esse modelo de produção elétrica localiza-se próximo à unidade consumidora (UC), é independente dos sistemas de transmissão, utiliza fontes alternativas renováveis e complementa a produção energética mundial. A fonte energética de enfoque deste trabalho é a solar fotovoltaica, a mais promissora dentro do ramo energético uma vez que apresenta diversas vantagens como: alcance a comunidades remotas; característica modular; viabiliza projetos de diferentes dimensões; baixos custos de manutenção pós-instalação; a tecnologia está em constante aperfeiçoamento; e potente irradiação solar que varia de 1500 a 2000 kWh/kWp, muito superior a países com tecnologia já estabilizada; apresenta baixos impactos ambientais devido à fonte solar ser a mais limpa para geração de energia. Dessa maneira, este presente trabalho de conclusão de curso (TCC) tem o objetivo geral de analisar os incentivos regulatórios e legislativos para a Geração Distribuída dispostos na Resolução Normativa 482/2012 que é o principal fomento para o setor. A REN 482 está passando por processo de revisão, que teve início em maio de 2018 e foi estendido até 2021 em consequência da pandemia mundial causada pelo Covid-19. O foco da revisão da REN 482 é estabelecer uma nova forma de valoração dos créditos gerados e injetados na rede de acordo com o valor da energia entregue pela distribuidora. Este trabalho discute as principais alternativas sugeridas para revisão da REN 482 e analisa se o novo cenário proposto pela ANEEL viabilizará o investimento em geração distribuída fotovoltaica, garantindo oportunidade de crescimento sustentável do setor para complementar a matriz elétrica brasileira.

Palavras-chaves: Geração distribuída. Matriz elétrica. Energia solar. Usinas Fotovoltaicas.
REN 482/2012. Revisão. Políticas Públicas.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	OBJETIVOS	9
2.1	Objetivo geral	9
2.2	Objetivos específicos	9
3	REFERENCIAL TEÓRICO	10
3.1	Contexto brasileiro	10
3.1.1	<i>Consumo Energético & Qualidade De Vida</i>	11
3.1.2	<i>Influência do Crescente Consumo Energético no Meio Ambiente</i>	12
3.2	Matriz energética e elétrica	17
3.3	Geração distribuída	22
3.3.1	<i>Geração Distribuída Fotovoltaica</i>	25
3.3.2	<i>Geração Distribuída no Brasil</i>	27
3.3.3	<i>Vantagens e Desafios Para GDFV</i>	29
4	METODOLOGIA	33
4.1	1ª Etapa – Localização dos estudos	33
4.2	2º Etapa – Coleta de Dados	33
4.3	3º Etapa – Análise e Interpretação dos Resultados	34
4.4	4º Etapa – Discussão dos Resultados	34
5	RESULTADOS	35
5.1	Histórico de Incentivo para GD	35
6	DISCUSSÃO	44
7	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

1 INTRODUÇÃO

Desde o Século XX, o Brasil registrou aumento do consumo de energia primária. Esse fenômeno foi devido ao desenvolvimento econômico, a acelerada urbanização com exponencial crescimento populacional, que dobrou o índice de habitantes em 20 anos, e à construção das malhas rodoviárias, que propiciaram uma considerável expansão demográfica e conectividade territorial. A extensão do consumo de energia está interligada ao crescimento econômico, ou seja, em um cenário de maior evolução econômica, deve-se esperar o aumento do consumo energético (TOLMASQUIM *et.al.*, 2007). Entretanto, segundo dados da Agência Internacional de Energia (IEA) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil terá em 2050 aproximadamente 223 milhões de habitantes com um equilíbrio no crescimento populacional de 0,64% ano e, em paralelo, o crescimento econômico será de 2,5% ao ano. Acredita-se que o equilíbrio no aumento populacional reduzirá a pressão na demanda da matriz energética principalmente porque na década de 2041-2050 estima-se atingir relevantes índices de eficiência energética (TESKE, 2013).

Como exposto acima, a energia é um insumo essencial para o crescimento econômico e, como consequência, irá promover a melhor qualidade de vida. Através da eletricidade, a indústria entrega bens e serviços que a sociedade utiliza como fonte de luz, calor e força (GOLDEMBERG; MOREIRA, 2005; OLIVEIRA, 2017).

As usinas hidrelétricas centralizadas são responsáveis por 60% de toda a matriz elétrica do Brasil (MME, 2020). Contudo, na última década (desde 2010), o país enfrenta consequências agressivas da ausência de chuvas como a diminuição dos níveis das barragens, impactando o funcionamento das hidroelétricas com menor produção de eletricidade (SILVA; NASSAR, 2016). Esse cenário negativo evidencia a necessidade de investir na diversificação da matriz elétrica para melhorar a distribuição deste insumo pelo território.

Além disso, há preocupações mundiais com as mudanças climáticas e impactos ambientais, os quais em grande parte causados pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE) por fontes energéticas poluentes (WRI BRASIL, 2020). Por isso, incorporar fontes alternativas como parte da matriz energética é uma decisão estratégica para melhorar a eficiência energética e fornecer a todos os cidadãos tarifas menores e melhor qualidade energética, com iniciativas públicas mais igualitárias (ARAÚJO, 2009).

Essas iniciativas seguem padrões de potências mundiais como Alemanha, Estados Unidos e Japão, que estão trabalhando para um desenvolvimento econômico e energético mais sustentável, visando atender acordos internacionais como protocolo de Kyoto (1997) e o

Acordo de Paris (2015) (BRIGGS, 2017), visando a diminuição dos impactos ambientais causados por ações antrópicas.

De acordo com o relatório da Agência Internacional de Energia (AIE, 2016), a poluição do ar já matou mais de 6 milhões de pessoas e mostra também que a massa tóxica na atmosfera, principalmente dióxido sulfúrico (ou dióxido de enxofre), um gás proveniente da queima de combustíveis fósseis (carvão natural, petróleo e resíduos), é altamente poluente no processo de geração de energia. Além disso, as mudanças climáticas causam sérios prejuízos ao equilíbrio ecossistêmico, podendo levar a perdas de comunidades inteiras e extinção de muitas espécies (TESKE, 2013).

Com crescimento populacional e a evolução econômica, as grandes usinas geradoras hidrelétricas, que sustentam a matriz elétrica do Brasil, podem não ser o suficiente. Assim, o Planejamento Energético é de vital importância na escolha das diretrizes para estabelecer uma matriz energética mais diversificada, evitando problemas de sazonalidade e/ou falhas na distribuição. É primordial estabelecer uma matriz energética mais sustentável, com menores impactos ambientais cumprindo os acordos internacionais (PACHECO, 2006; ARAÚJO, 2009).

Através Resolução Normativa 482/2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) criou a oportunidade de investir em Geração Distribuída (GD). Esse sistema surgiu com objetivo de gerar energia a partir de fontes alternativas renováveis e para complementar a produção mundial (NARUTO, 2017). A GD é o processo de produção de energia próxima à unidade consumidora (UC), sendo independente dos sistemas de transmissão e pode ser aplicada em duas modalidades: *On-grid* ou *Off-grid* que são, respectivamente, processos ligados e não ligados à rede de transmissão. A REN 482 regula a aplicação do sistema *net metering* ou compensação de energia elétrica, de forma que os clientes cativos podem gerar sua própria energia por sistemas de micro ou minigeração de fontes renováveis, sendo o excedente injetado na rede e recuperado em créditos de energia equivalente na conta dos meses subsequentes (ABINNE, 2012).

A GD proporciona um direcionamento mais assertivo para prospecção da matriz energética brasileira porque melhora a previsão e planejamento do setor. Além de sua instalação ser menos burocrática, os custos de transmissão são minimizados, há maior eficiência e redução da instabilidade de tensão (MARTINS, 2015). Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica (SFVCR) são os mais interessantes por apresentarem total aproveitamento da energia gerada, dispensando um sistema de armazenamento. (URBANETZ, 2018).

A fonte energética solar fotovoltaica é a mais promissora dentro do ramo uma vez que apresenta diversas vantagens como: alcance a comunidades remotas; característica modular; viabiliza projetos de diferentes dimensões; baixos custos de manutenção pós-instalação; a tecnologia está em constante aperfeiçoamento o que promoverá equipamentos com alta longevidade e eficiência por menor valor; em território nacional, existe reserva de quartzo que é o principal componente das placas e, além disso, uma potente irradiação solar que varia de 1.500 a 2.000 kWh/m devido à localização do país na região intertropical, promovendo superioridade em relação a países com tecnologia fotovoltaica já estabilizada; apresenta baixos impactos ambientais devido à fonte solar ser a mais limpa para geração de energia, pois não emite nenhum tipo de poluente e é inesgotável; promove uma maior eficiência com um menor custo (BARBOZA, 2015; DE SOUZA, 2019). Barbosa (2015) mostra que o impacto mais significativo está na construção e implementação de novas centrais fotovoltaicas. Nascimento (2016) complementa dizendo que a energia solar pode apresentar alguns impactos ambientais, porém são considerados de baixa escala ou quase inexpressivos comparado com outras fontes renováveis ou fósseis.

A energia solar fotovoltaica se destaca por diversos benefícios ambientais ao comparar outras fontes também renováveis, por exemplo: parques eólicos impactam as rotas de migração das aves e alteram significativamente a paisagem; centrais hidrelétricas precisam represar áreas extensas provocando a degeneração da fauna e flora e liberação de gases de efeito estufa (GEE); enquanto projetos de Geração Distribuída Fotovoltaica (GDFV) podem ser instalados em qualquer edificação de forma a preservar ecossistemas inteiros ao não utilizar extensões de terra e água, mantendo vegetação natural sem a necessidade de construção de grandes usinas e trajetos para transmissão (Barboza, 2015; De Souza, 2019; Martins, 2015)..

Dessa maneira, este presente trabalho de conclusão de curso (TCC) tem o objetivo geral de analisar os incentivos regulatórios e legislativos para a Geração Distribuída dispostos na Resolução Normativa 482/2012 que é o principal fomento para o setor. A REN 482 está passando por processo de revisão, que teve início em maio de 2018 e foi estendido até 2021 em consequência da pandemia mundial causada pelo Covid-19. O foco da revisão da REN 482 é estabelecer uma nova forma de valoração dos créditos gerados e injetados na rede de acordo com o valor da energia entregue pela distribuidora. Este trabalho discute as principais alternativas sugeridas para revisão da REN 482 e analisa se o novo cenário proposto pela ANEEL viabilizará o investimento em geração distribuída fotovoltaica, garantindo oportunidade de crescimento sustentável do setor para complementar a matriz elétrica brasileira.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar os incentivos regulatórios e legislativos para a Geração Distribuída, com foco na revisão da Resolução Normativa 482/2012 que é o principal fomento para o setor e, ainda, analisar se o novo cenário proposto por este processo viabilizará o investimento em geração distribuída fotovoltaica, garantindo oportunidade de crescimento sustentável do setor para complementar a matriz elétrica brasileira.

2.2 Objetivos específicos

- a)** Conceituar o cenário de energia no Brasil: de que maneira o crescimento de consumo está relacionado à qualidade de vida da sociedade e como isso reflete no meio ambiente.
- b)** Conceituar sistema de Geração Distribuída apresentando evidências de contribuição para matriz elétrica nacional a partir de fontes renováveis, especialmente solar fotovoltaica.
- c)** Apresentar histórico de políticas públicas que incentivam Geração Distribuída e as mudanças previstas para a Resolução Normativa 482/2012.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Contexto brasileiro

Os primeiros empreendimentos de energia elétrica surgiram no Brasil no fim do século XIX, mas foi após a Revolução Industrial e no decorrer do século XX, com a queda da monarquia e as mudanças na legislação que influenciaram investimentos externos no Brasil registrando aumento na disponibilidade de energia primária. Esse fenômeno foi devido a consequências diretas do desenvolvimento econômico, da acelerada urbanização e da construção das malhas rodoviárias que propiciaram uma considerável expansão demográfica, principalmente nos eixos São Paulo e Rio de Janeiro, e outras capitais importantes. Esse ritmo acelerado de crescimento demográfico foi um fato excepcional decorrente de diversos fatores de transição, principalmente equilíbrio das taxas de mortalidade e natalidade (OJIMA,2011; GUIMARÃES,2018).

Essa expansão é visível pelos seguintes dados: nos anos 70, viviam em território nacional 93 milhões de brasileiros que consumiam aproximadamente 70 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep); já nos anos 2000, esses índices alcançavam 170 milhões de habitantes e 190 milhões tep, isto é, houve 83% de crescimento populacional e 63% de aumento do consumo energético. A princípio é intuitivo afirmar que o crescimento populacional aumenta o consumo de energia, entretanto, não é uma verdade absoluta uma vez que existe relação entre os fatores de crescimento. Contudo, para ser realista, é preciso considerar os padrões econômicos da comunidade em estudo, pois envolve outros índices que tornam a equação mais complexa. A evolução econômica também não é igualmente exponencial, por exemplo, nas décadas de 70 e 80 o crescimento econômico ficou entre 3,5% a 5,5% ao ano, diferente das décadas subsequentes (90-2000) que foi de 2,2% a 3% ao ano, valores decorrentes das crises macroeconômicas. A expansão do consumo de energia está interligada com o crescimento econômico, assim, em um cenário de maior evolução econômica, espera-se o aumento do consumo energético. Entretanto, não significa necessariamente que os países com maior consumo energético e crescimento econômico acelerado apresentarão maiores populações (TOLMASQUIM *et.al.*, 2007).

3.1.1 Consumo Energético & Qualidade De Vida

Segundo os fatores de conversão da ANEEL, 1 tep equivale a 11.630 kWh. A tonelada equivalente de petróleo é a unidade de energia comumente aplicada para comparar diversas fontes de energia ao poder calorífero do petróleo cru, aproximadamente 42 J (Joule). Colocar todos os dados na mesma base possibilita a comparação entre diferentes gerações assim como entre países.

Nos países subdesenvolvidos, a média de consumo *per capita* é de 1 tep/ano. As estatísticas da *BP Statistical Review of World Energy* de 2019 corroboram com esta afirmação apresentando dados de alguns países subdesenvolvidos e países emergentes como: Índia (0,597 tep/ano); Peru (0,828 tep/ano); México (1,4 tep/ano); Argentina (1,9 tep/ano); Chile (2,2 tep/ano) e China (4,2 tep/ano). Enquanto o consumo médio *per capita* em países desenvolvidos é de 4,7 tep/ano, sendo o consumo da Alemanha (3,9 tep/ano); Japão (3,5 tep/ano); Estados Unidos (7 tep/ano); Canadá (9 tep/ano) e Noruega (8,8 tep/ano). O Brasil, como exemplo de país emergente, apresenta uma média de consumo de energia *per capita* de 1,45 tep/ano, estando abaixo da média mundial de 1,8 tep/ano *per capita*. (GOLDEMBERG, 1998; IEA, 2008; DUDLEY, 2018).

Logo, dentro do sistema capitalista, o consumo de energia está diretamente conectado ao estilo de vida. Afinal, a partir da eletricidade, as indústrias e empresas fabricam bens e possibilitam serviços essenciais (aquecimento, luz, acesso às tecnologias e infraestruturas urbanas). A tendência é de que quanto mais energia uma sociedade consome melhores serão seus índices de desenvolvimento como: taxa de natalidade, taxa de mortalidade, escolaridade, PIB per capita, mão de obra especializada, etc. Assim, é possível afirmar que a energia é o insumo essencial para o crescimento econômico, industrialização e urbanização. Em prol da evolução desses índices, é preciso investimento para promover maior potência energética e diversificação da matriz, a fim de proporcionar melhor qualidade de vida para as pessoas independente da classe social (GOLDEMBERG e MOREIRA, 2005; PAUL & BHATTACHARYA, 2004 e OLIVEIRA, 2017).

Há uma importante relação entre qualidade de vida, acesso à energia e progresso econômico, considerada no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 da ONU, o qual foi criado com intuito de fornecer “*Energia Acessível e Limpa*” e “*garantir o acesso à energia acessível, confiável, sustentável e moderna para todos*”. O ODS7 estabelece metas embasadas na transição energética, investindo em projetos com fontes renováveis limpas, focando em comunidades com menores condições socioeconômicas, como países em desenvolvimento. O

ODS 7 foi criado almejando que toda a população do planeta possua acesso à eletricidade com ampla potência e segurança, pois para o desenvolvimento econômico é necessário haver fornecimento de eletricidade em quantidade e de qualidade. Prova disso é que mais de 90% da população de países desenvolvidos com alta renda possuem acesso Nível 5 à energia - garante acesso à suprimentos abundantes e confiáveis -, enquanto 75% dos países de renda baixa ou média-baixa possuem acesso limitado à energia (Nível 3 ou inferior), contemplando funcionalidades básicas como iluminação limitada. O número de pessoas sem acesso à energia passou de 1,2 bilhão em 2010 para 790 milhões em 2018, uma conquista de destaque da ONU. Garantir um fornecimento digno e acesso à energia para todos exige diferentes estratégias políticas e abordagens tecnológicas, enfatizando importância de energia descentralizada e/ou fora da rede (DUDLEY, 2018; SILVA, 2018).

O desenvolvimento econômico garante maior qualidade de vida, aquisição de bens e serviços, intensificando o consumo de energia em toda a escala da matriz energética. Quanto maior a população, maior o volume de emissões de GEE (gases de efeito estufa) resultante do setor energético relacionado ao estilo de vida em sociedade e à matriz energética local. Por exemplo, países desenvolvidos da Europa, onde a população apresenta “ótimos” padrões de qualidade de vida, ainda possuem maior parte da matriz elétrica à base de termelétricas que utilizam carvão natural como fonte de energia e aquecimento, por ser barata e altamente abundante. Entretanto, é uma fonte fóssil completamente nociva ao meio ambiente por emitir muitos poluentes na atmosfera. Logo, para lidar com o crescente aumento do consumo energético e propiciar melhor qualidade de vida a população, é necessária a existência de políticas públicas que fomentem energias limpas, diversificação da matriz energética, preservação do meio ambiente e que auxiliem na expansão da geração distribuída (MARTINS, 2015; OJIMA, 2011).

3.1.2 Influência do Crescente Consumo Energético no Meio Ambiente

À medida que o Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* aumenta, ocorre degradação ambiental para promover este cenário, embora, modelos teóricos provam que o crescimento do PIB proporciona a redução nos efeitos danosos ao meio-ambiente. O crescimento global é sustentado pelo PIB, ou seja, o aumento de produtividade que impulsiona a expansão urbana, é um processo indispensável que ampara o desenvolvimento das civilizações. Obviamente o fator de elevação de temperaturas médias precisa ser considerado nos estudos de projeção do potencial produtivo da economia global. Afinal, todas as mudanças na realidade natural do

planeta criam cenários desconhecidos. A relação entre efeito estufa, aumento extremo da temperatura, mudança dos padrões climáticos e elevação do mar pelo derretimento das geleiras, será responsável por diversos impactos com magnitudes difíceis de estimar, pois os estudos econômicos e ambientais consideram um subconjunto destes fatores de forma muito superficial (MARTINS, 2015; DUDLEY, 2018).

Prova de que mudanças ambientais podem impactar as atividades econômicas está ocorrendo através da influência exorbitante da pandemia mundial do Covid-19, que está influenciando significativamente o crescimento do PIB mundial, o qual deverá ficar em torno de 2,65% ao ano, sendo menor quando comparado com as últimas décadas. Antes de qualquer consideração, a pandemia é uma crise sanitária e humanitária com elevação constante no número de casos e óbitos, por isso a situação exige alto investimento econômico global o que impacta o sistema de energia. Alguns setores terão recuperação parcial dos impactos da covid-19, mas as mudanças comportamentais ditarão grande parte do “novo normal” como adaptação de trabalho em *home office* e virtual; menos transporte e viagens corporativas; sendo que alguns comportamentos poderão ser extintos de acordo com a evolução de tratamentos, ao mesmo tempo que podem ser intensificados. Ainda existe o risco de ocorrer novas ondas de infecção, gerando maior impacto econômico no futuro. A princípio estima-se que a redução do PIB global será de 4% em 2025 e 10% em 2020, enquanto o maior impacto na necessidade de demanda de energia em 2050 poderá chegar a ser 8% menor do que o projetado, com ênfase haverá redução da demanda de petróleo (DUDLEY, 2018).

A prospecção para o cenário futuro não pode ter a participação de grande porcentagem de combustíveis fósseis, será necessário investimento em sistemas energéticos mais eficientes que não emitam CO₂, mantendo a produção energética necessária para o consumo da sociedade de forma sustentável (SCHOBERT, 2001). Primeiro porque não se sabe quando iniciará a crise de fornecimento dos combustíveis fósseis (principalmente a demanda de petróleo), sendo que em poucos anos as fontes convencionais podem ficar fora de alcance. Um segundo ponto importante, mesmo com os avanços tecnológicos e estudos frequentes é muito delicado conseguir projetar os reais custos e consequências da geração e consumo de energia a partir de fontes fósseis, já que poderão ser vistos apenas no futuro como: catástrofes e desastres naturais a partir de emissão de CO₂, alterações climáticas ou acúmulo de resíduo nuclear (WIRTH, 2015). A reorganização dos padrões econômicos para mitigar e/ou resolver “catástrofes” ambientais impactará de forma negativa o crescimento econômico nos próximos anos. A melhor forma é antecipar e direcionar esforços imediatos e agressivos para redução de emissão

de carbono, visando manter a crescente elevação do potencial produtivo da economia global, investindo em soluções sustentáveis que não tenham impacto ao meio ambiente (VARELLA, CAVALIERI, SILVA, 2008; DUDLEY, 2018).

Algumas grandes potências econômicas mundiais estão trabalhando em um desenvolvimento econômico e energético mais sustentável, aumentando a conscientização sobre aquecimento global, mudanças climáticas, emissão de gases; através de acordos ambientais internacionais. O protocolo de Kyoto (1997) entrou em vigor em 2005, com o objetivo de reduzir os níveis de emissão dos gases responsáveis pelo efeito estufa (GEE) até 2020. Em 2015, o Acordo de Paris reforçou os preceitos acordados entre os países envolvidos e novos integrantes, focando esforços em ações que mantenham o aumento da temperatura média global no máximo 2°C nas temporadas de maior atividade industrial; limitando a emissão de GEE para que o ecossistema consiga absorver até 2100, enquanto os países mais desenvolvidos deverão oferecer auxílio financeiro a países mais pobres para que se adaptem as mudanças climáticas (BRIGGS, 2017).

As emissões apresentam um padrão de crescimento sistemático. Em 1973 foram emitidos 15 Giga Toneladas (GT), sendo em 2014, 32 GT. Segundo World Resources Institute (WRI), em 2016, foi emitido um total de 49,9 GT de Carbono. Entre demais fontes de liberação de carbono estão: agricultura (5,8 GT CO₂); processos industriais (2,8 GT CO₂); uso da terra e mudanças florestais (3,2 GT de CO₂) e instalações de gestão de resíduos (1,6 GT CO₂). O uso de energia se destaca como principal fonte de emissão de gases do efeito estufa (GEE) sendo responsabilizado por aproximadamente 65% do CO₂. A emissão de Carbono com o consumo de energia em indústrias equivale a aproximadamente 50% do volume. A outra metade é respectivamente responsabilidade de setores transportes e construção civil. As projeções de 2040 indicam uma emissão de 43,2 GT. A emissão de GEE é o fator predominante nas mudanças climáticas (DUDLEY, 2018; IEA, 2016; WRI, 2016). De acordo com o relatório da Agência Internacional de Energia (2016), a poluição do ar já matou mais de 6 milhões de pessoas. Segundo esse mesmo estudo, a massa tóxica na atmosfera, principalmente dióxido de enxofre (SO₂), é proveniente da queima de combustíveis fósseis (carvão natural, óleo, resíduos) no processo de geração de energia.

Com o aquecimento, a alteração do sistema climático e os prejuízos aos ecossistemas serão cada dia mais drásticos, [...] terão impacto no modo de vida de milhões de pessoas, especialmente em países em desenvolvimento, e podem levar à perda de ecossistemas e de espécies nas próximas décadas, há pouco tempo hábil para impedir que isso ocorra. A única solução é uma redução drástica e imediata das emissões desses gases, chamados de efeito estufa, na atmosfera (TESKE, 2013).

Encontrar uma forma de relacionar crescimento econômico e degradação ambiental é uma tarefa árdua, pois esta relação apresenta fatores com características multidimensionais. Podem ocorrer quatro tipos de efeitos: (1) Efeito Escala: quanto maior o crescimento econômico, produção e consumo maior será a degradação do meio ambiente, ou seja, uma relação de influência negativa; (2) Efeito Composição: condiz com as mudanças de composição ao longo do crescimento dos estágios de produção, inicialmente primária, secundária com a industrialização, até atingir setor terciário; prega-se que de acordo com a mudança de oferta e demanda, o ritmo de degradação diminui; (3) Efeito Técnico: inclusão de tecnologia na produção de demandas que relacionem com impacto no meio ambiente; (4) Mudanças de preferências da sociedade: podem influenciar diretamente sobre a degradação ambiental, considerando, por exemplo, que sejam mais valorizados produtos sustentáveis que preservem a biodiversidade ou até mesmo aplicação de regulamentações mais rígidas (EVERETT *et al.*, 2010).

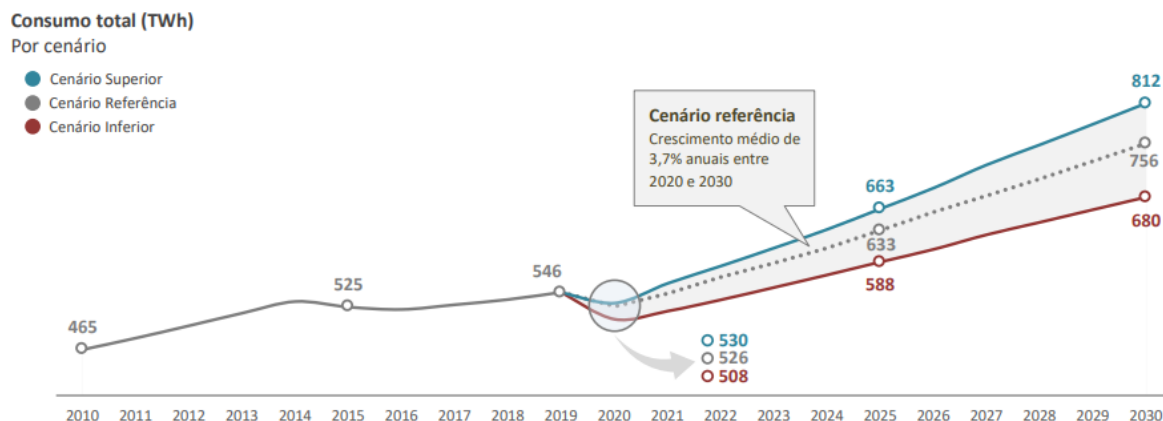
Aplicando este modelo teórico, Cunha (2013) concluiu que “*existe uma relação de longo prazo e de causalidade simultânea entre as variáveis PIB per capita e emissão de CO₂*”. Aproximadamente 1% de crescimento do PIB *per capita* promove aumento de 7,32% de emissão de GEE. Comprovando a teoria de efeito escala, justificando que o crescimento econômico eleva a emissão de poluentes.

É possível a economia se desenvolver de forma sustentável sem a ocorrência significativas de mudanças no sistema econômico. Conquistar o crescimento econômico sustentável constitui em relacionar a produção de bens e serviços aos seus impactos ambientais, ou seja, economia alavancada sem a degradação ambiental. Isto significa consumir recursos ambientais de uma maneira sustentável e consciente, a partir do aumento da eficiência ou por novas técnicas de produção e design de produtos (CUNHA, 2013).

No período de 2010 a 2020 (Figura 01), o Brasil registrou um aumento de 17,5%, no consumo de energia elétrica, passando de 465 TWh para 546 TWh. Neste mesmo intervalo, o PIB apresentou crescimento de 100%, saindo de 3,65 trilhões para 7,3 trilhões de reais em 2019. Estima-se que a capacidade de geração elétrica brasileira crescerá 38%, passando de 546 TWh

em 2020 para 756 TWh em 2030, com crescimento médio de 3,7% anual, o que reflete um aumento de consumo energético contínuo exponencial para manter os mesmos padrões de vida

Figura 01 - Crescimento do consumo de eletricidade no Brasil



Fonte: PDEE30 (EPE,2020)

da sociedade (EPE, 2020).

O PIB brasileiro deverá apresentar aumento junto com crescimento da demanda energética. Em 2016, o PIB brasileiro foi de US\$ 3,135 trilhões, com a aumento estimado em 1,5% ao ano entre 2016 e 2020; de 2,9% por ano entre 2021 e 2040 e 2,5% de 2041 a 2050, estando previsto que que o PIB brasileiro alcance US\$ 7,540 trilhões no meio do século XXI, fazendo com que o país seja classificado como grande potência econômica, conquistando o pódio dos cinco maiores do mundo (EPE, 2020).

Segundo os dados da Agência Internacional de Energia (IEA) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), há projeção para o Brasil de um aumento populacional equilibrado de 0,64% ao ano nas próximas décadas, alcançando 2050 com aproximadamente 223 milhões de habitantes. Em paralelo, estima-se que o crescimento econômico será de 2,5% ao ano, na década de 2041-2050. Índices relevantes de eficiência energética na indústria, transporte, e entre demais setores, serão atingidos a partir da substituição de combustíveis fósseis por tecnologias mais eficientes como: biocombustíveis para carros e veículos de grande porte como navios e aviões; suprimento da demanda de aquecimento e resfriamento com tecnologias que utilizem biomassa, solar e geotérmica, ou seja, o equilíbrio no aumento populacional reduzirá a pressão na demanda da matriz energética e o avanço da eficiência energética resultará em uma menor volume de energia para atingir o mesmo PIB (TESKE, 2013).

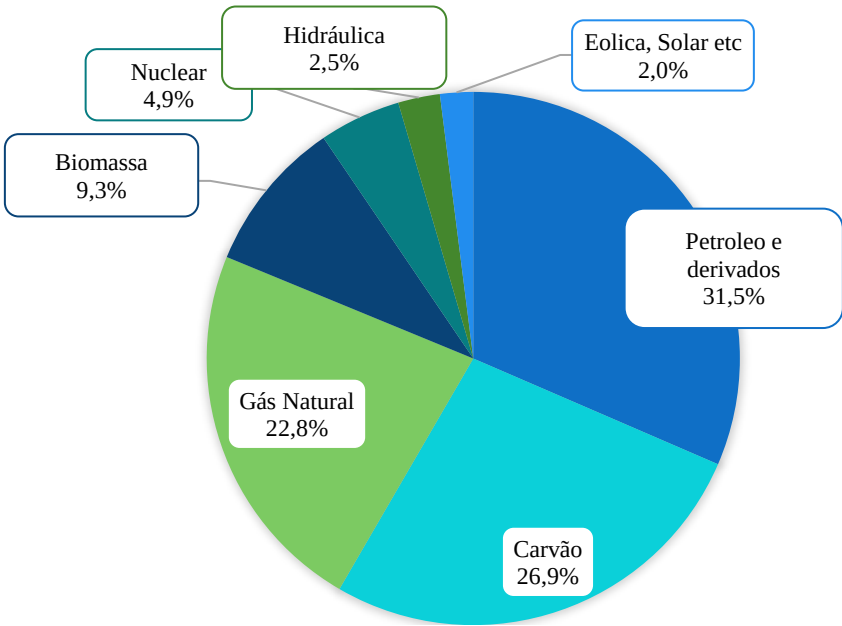
O consumo total de energia elétrica do Brasil prevista para 2050 será de 1.605.000 GWh, quase três vezes o volume atual. Assim, para fornecer energia o suficiente para toda a população, o Planejamento da Matriz Energética Brasileira é indispensável. É preciso estabelecer uma matriz mais diversificada, evitando problemas de sazonalidade e/ou falhas na distribuição (ARAÚJO, 2009). O PNE 2050 fortalece a necessidade de promover mudanças do modelo energético, com gerações de menores escalas descentralizadas, mais próxima do consumidor final, considerando a exigência em suprir a demanda adicional de energia em prazos curtos e com valores competitivos, para complementar a base hidroelétrica que corresponde a 60% da matriz nacional. Para estabelecer uma matriz energética mais sustentável, é preciso conciliar desenvolvimento socioeconômico e preservação do meio ambiente, de forma a garantir a melhoria da qualidade de vida da sociedade, mas também fornecer condições sobrevivência de todas as espécies (PACHECO, 2006; CUNHA, 2013; EPE, 2014).

3.2 Matriz energética e elétrica

Matriz energética contempla todas as fontes de energias que movimentam a sociedade de alguma forma, no mundo as principais fontes que sustentam a Matriz Energética são não-renováveis, como é observado no Figura 02. A principal fonte energética no mundo é o Petróleo e seus derivados, seguido por Carvão e Gás Natural. O investimento em petróleo foi importante após a II guerra mundial para alavancar economias em diversos países e estruturar sociedades. Atualmente em meio a pandemia mundial a China se tornou a principal exportadora de petróleo, seguida pelos Estados Unidos e Arábia Saudita. Ainda não há substitutos completos para derivados de petróleo e gás natural, mas sabe-se que nos próximo 5-10 anos atingirá o pico de produção de combustíveis fósseis e o declínio será abrupto. Há a necessidade de mudanças de consumo da sociedade antes de lidar com a problemática de falta da demanda da principal fonte de energia do mundo (IEA, 2018; CARVALHO, 2009; VIRGA, 2020).

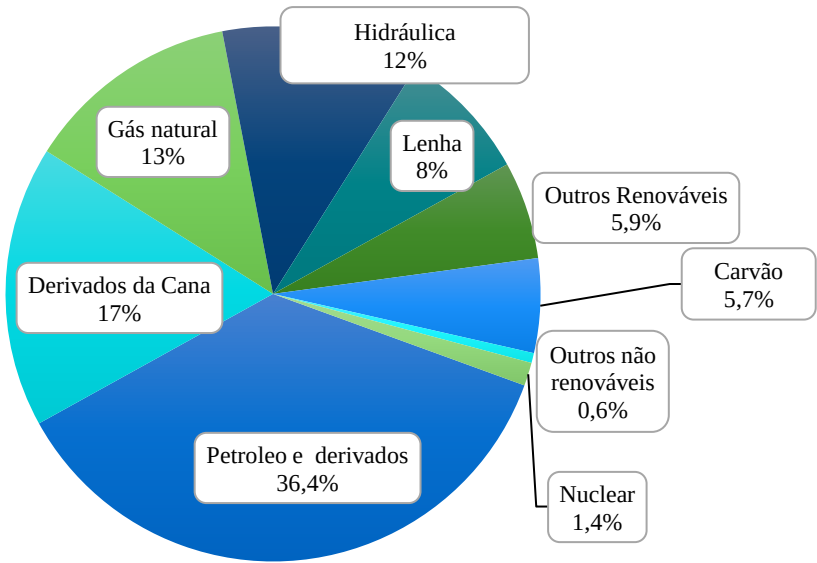
O Brasil apresenta um cenário diferente do observado no mundo, com uma matriz energética muito diversificada como observado no Figura 03. É a maior referência em geração de energia a partir de fontes renováveis, com quase 45% da matriz, muito acima da média mundial que é aproximadamente 14% (EPE, 2018; IEA, 2018).

Figura 02 - Matriz energética mundial 2018



Fonte: World Energy Balances. IEA, 2018

Figura 03 - Matriz energética brasileira 2017



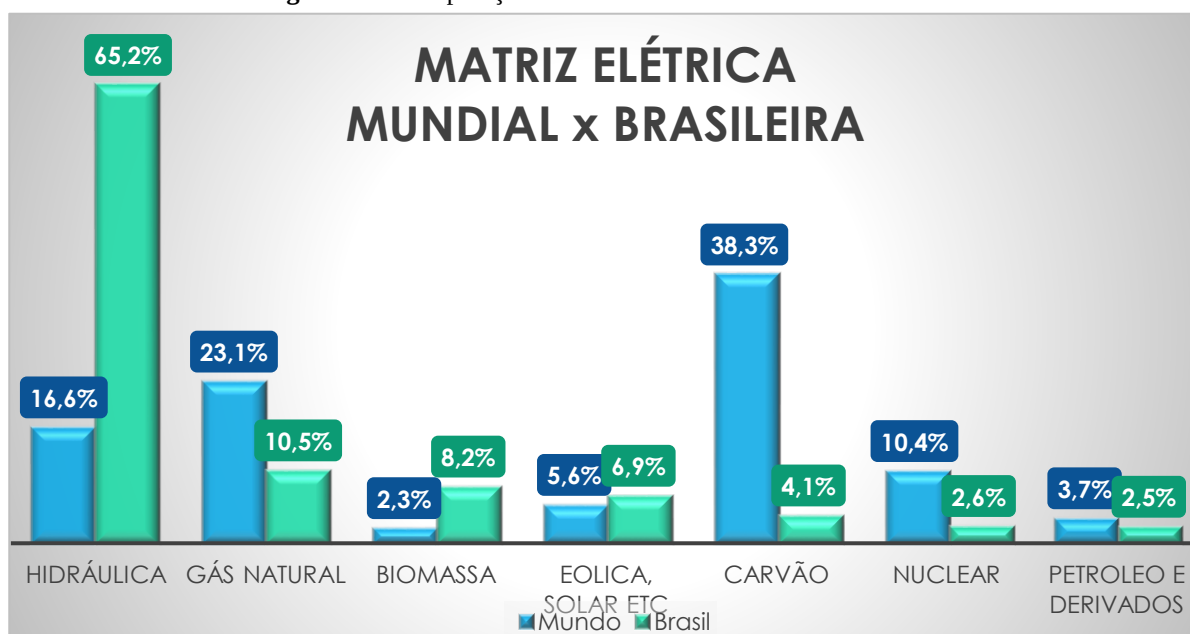
Fonte: Balanço Energético Nacional 2018, EPE 2018

A princípio não se tem esta impressão, pois as fontes não renováveis brasileiras ocupam aproximadamente 54% da matriz energética, petróleo & derivados (36%) dominam a categoria, por conta da extração em águas profunda executada pela estatal Petrobrás, colocando o Brasil como oitavo maior exportador de petróleo do mundo. Depois há gás natural (9%), carvão mineral & derivados (6%), por último urânio & derivados (~1%); Mas, ainda é reconhecido por possuir uma matriz energética especializada e é referência na produção de etanol que ocupa 17% da matriz energética, a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar foi fomentado pelo Proálcool (Programa Nacional do Alcool), política pública federal criada em 1975 para impulsionar o investimento na produção de etanol com objetivo de substituir a gasolina, que passava por crise de fornecimento no fim na década de 70 e alcançava altos preços por barril, foi um forma de alterar a dependência do mercado externo e influenciar mudanças no modo de consumo (ARAÚJO, 2009; TOMASQUIM et.al., 2007; EPE, 2018; IEA, 2018)

Realmente em território nacional existe uma diversidade de matéria prima para geração de energia, principalmente fontes renováveis, como geração de energia a partir de parques hidrelétricos como Usina Hidrelétrica de Itaipu, possíveis graças as grandes bacias hídricas nacionais. Além de solar, eólica, etanol, biomassa entre outras de acordo com a região (ARAÚJO,2009; TOMASQUIM et.al., 2007)

Especificamente uma parte da Matriz Energética é denominada como Matriz Elétrica, é composta por todas as fontes que podem ser exploradas para gerar eletricidade, esta que é empregada em diversas funções no cotidiano das pessoas, desde para sobrevivência até lazer.

Figura 04 - Comparação Matriz Elétrica Mundial X Brasileira



Fonte: World Energy Balances (IEA, 2018) e Balanço Energético Nacional 2018 (EPE 2018)

Como mostrado na Figura 04, a matriz elétrica nacional é composta por quase 80% de fontes renováveis, totalmente diferente da matriz elétrica do mundo que utiliza apenas 18%. Nesta análise foram consideradas como fontes renováveis: hidráulica, biomassa e eólica, solar e outras renováveis; as não-renováveis foram: petróleo e derivados, carvão, gás natural e nuclear.

No Brasil, já se encontra plantas viáveis de energia alternativa como parques eólicos e fazendas solares, que ocupam uma parcela muito pequena na matriz elétrica próxima a 3%, mas ainda falta muito investimento para que estas fontes possam estar consolidadas. O apelo sustentável não é o principal argumento utilizado na comercialização de energia, o aspecto econômico e produção em larga escala se destacam como mais vantajosos, já que é uma característica do modelo de produção capitalista. Sobre esta observação é possível compreender o porquê a principal responsável pela matriz elétrica brasileira ainda são as hidrelétricas, pois precisam de menores investimento e apresentam menor custo para geração potencial e maior capacidade de produção (ARAÚJO, 2009; CARVALHO, 2009).

Dominando a produção de energia elétrica elenca-se as usinas hidrelétricas centralizadas, responsáveis por mais de 60% de toda a demanda (EPE, 2018). Contudo, na última década o país enfrenta uma crise climática com poucas chuvas, baixando as reservas hídricas que alimentam as barragens, impactando o funcionamento das hidrelétricas e consecutivamente resultando em menor produção de eletricidade. As hidrelétricas existentes no Brasil exercem apenas 30% de produção da capacidade total instalada (aproximadamente 170 GW). Até 2015 houve uma grande tendência de investir em gerações térmicas, para suplementar a matriz elétrica, ação contrária as tendências mundiais de evolução sustentável, investindo em geração de eletricidade a partir de fontes renováveis. Entretanto, o uso de biomassa em geração termelétrica reflete um ciclo renovável de carbono, melhor do que utilizar petróleo e carvão natural que são combustíveis fósseis, se formam em um longa escala de tempo geológico (SILVA FILHO, 2015).

Com o crescimento populacional e a evolução econômica as grandes usinas geradoras que sustentam a matriz energética de um país podem não ser o suficiente, além de que, quando se possui apenas uma única fonte produtora responsável por 60% ou mais da demanda elétrica, como é o caso do Brasil com as hidrelétricas, a probabilidade de ocorrências de falta de energia é incontestável. As grandes usinas hidrelétricas foram construídas na metade do século XX, uma época que não havia muita gestão ambiental para estes projetos e resultava em alguns problemas técnicos e de planejamento como por exemplo: a usina de Balbina (Manaus) possui apenas 250 MW, com um área alagada de 2500 km², a qual é bem similar à de grandes usinas

como as hidroelétricas de Itaipu (1975-1982, capacidade instalada de 6.300 MW) e Tucuruí (1976-1984, capacidade instalada de 8.370 MW) (MORETTO *et al.* 2012).

Hidrelétricas são consideradas geradoras limpas de energia pois utilizam força da água, uma fonte renovável que não emite diretamente CO₂, entretanto para construção/ instalação de uma grande usina ocorre mudanças irreversíveis na paisagem, prejuízos ambientais e sociais incalculáveis. Nos custos ambientais são considerados desmatamento para construção, alagamento de grandes regiões florestais e perda de inúmeros espécimes de fauna que não são retirados, provocam perda de ecossistemas naturais e emissão de GEE como consequência. Estas reações em sequência causam impactos sociais as comunidades locais como populações indígenas que vivem dos recursos naturais da floresta e as comunidades ribeirinhas que são deslocadas sem recursos e apoio, além do desencadeamento de problemas de saúde como malária e mercúrio em peixes que são base proteica de alimentação. Para obras destas magnitudes não se considerava os impactos ambientais e sociais no *business case*, os quais não tinham influência nas tomadas de decisão. Para a obra da Hidrelétrica de Tucuruí especificamente houve muitas interferências externas, como relacionamentos de interesses privados e relações política, mesmo após o estabelecimento de normas jurídico-regulatória ambiental, as avaliações de obras desta magnitude ainda apresentam as mesmas considerações para tomadas de decisões (FEARNSIDE, 2015).

Em 1981 foi criada a Política Nacional do Meio Ambiente, que estabelecia práticas de planejamento e gestão ambiental. Contudo os artigos eram superficiais, sendo fortalecidos nos anos subsequentes pelas resoluções do CONAMA e a Constituição Federal, com procedimentos mais burocráticos para construções desta magnitude. Pela crise macroeconômica de 1980, houve pouco investimento em parques geradores. Com a retomada econômica da década seguinte o Brasil começou a enfrentar problemas no fornecimento de energia, o que resultou no “Apagão de 2001”, representando a falta de planejamento elétrico (MORETTO, 2008).

Já houve uma época em que a energia elétrica era utilizada apenas para atividades gerais cotidianas. No início da produção de energia elétrica, a mesma era gerada apenas para consumo local, isso antes do século XX. Com o tempo o desenvolvimento de transformadores foi possível direcionar correntes alternadas em alta tensão sem grande perda de transmissão. Em conjunto com o avanço tecnológico que propiciou a construção de equipamentos como turbinas hidráulicas, capacitando produção de energia centralizada, consolidando grandes usinas geradoras. Esta estratégia foi muito importante para atender a demanda energética que

apresentou um crescimento exponencial entre 1940 e 2010 como apresentado na figura 01. Mas, pode não ser eficiente para garantir fornecimento de energia para o futuro (NARUTO, 2017).

O Brasil é dividido em 27 estados, possui mais de 8 milhões de Km², é o quinto maior em extensão territorial no mundo, possuindo dimensões continentais. Por apresentar estas características demográficas, o governo possui grandes desafios para fornecer energia elétrica a todas as mais de 80 milhões de unidades consumidoras brasileiras. Atualmente o sistema interligado nacional (SIN) já atinge quase todo território, possui aproximadamente mais de 130 mil Km de linhas de transmissão; entretanto há algumas regiões que não foram possíveis de interligar ao SIN, como regiões rurais e comunidades isoladas, no meio de floresta amazônica por exemplo (DA SILVA FILHO, 2015).

Assim, a Geração Distribuída (GD) tem o objetivo de gerar energia a partir de fontes alternativas renováveis e complementar a produção nacional. A presença da GD proporciona um direcionamento mais assertivo para prospecção da matriz elétrica brasileira, melhorando a previsão e planejamento do setor no futuro. A instalação de uma usina GD junto as concessionárias ocorrem de forma mais flexível e com menos burocracia, quando, comparada com as grandes geradoras. Os custos de transmissão são minimizados, o capital não precisa ser sempre investido em novos negócios, proporcionando ganhos de eficiência e redução da instabilidade de tensão. Com menor impacto ambiental em qualquer etapa de geração, é uma excelente estratégia, influenciando na diminuição de emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE), que atualmente tem como principal emissor setor de energia na aplicação de combustíveis fósseis (MARTINS, 2015; NARUTO, 2017).

3.3 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A Agência Internacional de Energia (IEA) define GERAÇÃO DISTRIBUÍDA como processo de produção de energia próxima à unidade consumidora (UC), independentemente da potência gerada, empregando fontes fósseis ou fontes renováveis. Esse processo de geração é independente dos sistemas de transmissão do ponto de produção até os consumidores, é formado por etapas de geração, distribuição e consumo e, às vezes, apenas geração e consumo direto.

Os projetos GD podem ser enquadrados como aqueles que operam conectados à rede da distribuidora ou operam de forma isolada da rede:

- a) **Geração Isolado da rede ou *Off-Grid*:** é a geração de energia descentralizada. Possui duas aplicações em um exemplo prático de sistema fotovoltaico com

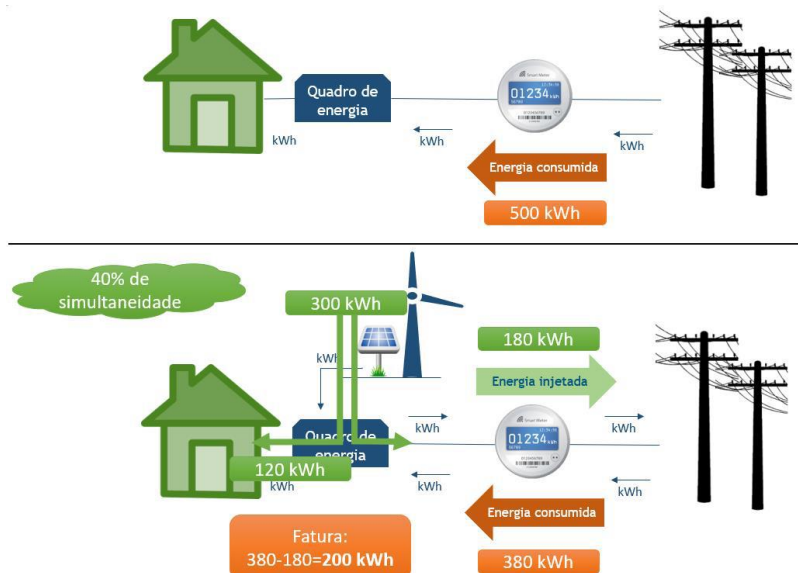
inclusão de baterias para armazenamento. Em uma das aplicações, nas horas de sol, as placas fotovoltaicas trabalham gerando energia elétrica que são consumidas simultaneamente, dispensando armazenamento. Na segunda aplicação, a geração de energia ocorre através dos módulos fotovoltaicos (FV) durante o dia com luz solar, e é acumulada em baterias para serem utilizadas em momentos em que não ocorre a produção no sistema. Desta forma, pode-se utilizar energia durante todo o decorrer do dia, observando-se a potência instalada. (LORA e HADDAD, 2006).

- b) **Geração conectada à rede ou *On-Grid*:** é a geração em que o consumidor está conectado à rede de distribuição, pode consumir e injetar energia excedente. Esta modalidade foi regularizada pela Resolução Normativa 482 de 2012, que descreveu a micro e minigeração distribuída em sistemas integrados à rede. O diferencial dessa modalidade é que os usuários não precisam investir em sistemas de armazenamento, pois utilizam as concessionárias para isso, de modo a permitir aos consumidores das concessionárias injetarem na rede o excedente de energia gerado pelo seu sistema FV, ou seja, a rede da distribuição funciona como se fosse a “bateria” do projeto de GD (ANEEL, 2012).

A geração distribuída no Brasil foi possível após a Resolução Normativa 482/2012 da ANEEL que regulamentou o mercado de compensação de energia. A mesma passou por revisões periódicas em 2015, 2017 e novamente se encontra em período de revisão. O consumidor brasileiro conseguiu o direito de produzir sua própria energia elétrica, mas apenas a partir de fontes renováveis ou cogeração. As usinas geradoras podem ser mini ou micro geração, a diferenciação entre os termos reflete a capacidade de geração. A microgeração corresponde à potência instalada menor ou igual a 75 quilowatt (kW); a minigeração distribuída corresponde àquelas com capacidade instalada entre 75 kW e 5 Megawatt (MW) (ANEEL, 2012). A norma também regulamentou os sistemas de compensação de energia elétrica ou *Net-Metering*, a qual “*consiste na injeção à rede o excesso de eletricidade gerado pelo consumidor, usualmente através de créditos em kWh que pode ser creditado na conta de luz dos meses posteriores sem limites. Os créditos valem por até 60 meses*” (ABINEE, 2012).

A energia gerada pela GD é composta pela energia injetada na rede (excedente) e energia autoconsumida (gerada e consumida na hora) como exemplificado na figura 05, desta forma a cobrança na fatura será realizada sobre o volume líquido consumido pela unidade prosumidora,

Figura 05 - Energia injetada e energia autoconsumida



Fonte: ANEEL, 2018

ou seja, energia consumida (fornecida pela distribuidora) menos a o volume de energia injetada na rede excedente ao autoconsumo simultâneo (ANEEL, 2018).

A compensação de energia elétrica pode ser utilizada dentro da mesma área de concessão, ter a mesma distribuidora. Os sistemas de compensação de energia elétrica se divide em algumas modalidades:

- Geração na própria unidade consumidora:** A maioria das unidades cadastradas se enquadra nesta classificação; a compensação dos créditos ocorre na mesma unidade geradora.
- Geração com autoconsumo remoto:** A geração ocorre em uma unidade e a compensação dos créditos excedentes podem ser direcionados a unidades consumidoras da mesma titularidade (CPF ou CNPJ), incluídas matriz e filial.
- Geração compartilhada:** Quando há uma unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída, mas os créditos serão compensados para vários consumidores em endereços diferentes, pessoas físicas ou jurídicas que se unem por consórcio ou cooperativa.

- d) **Geração em empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras (Condomínios):** Prédios ou condomínios com instalação de geração nas áreas comuns e demais apartamentos, sendo as unidades consumidoras beneficiárias da utilização de frações da geração, a administração fica na responsabilidade do condomínio. Precisa estar na mesma propriedade, proibido uso de vias públicas, passagem aérea ou subterrânea e inclusão de integrantes terceiros (ANEEL, 2014).

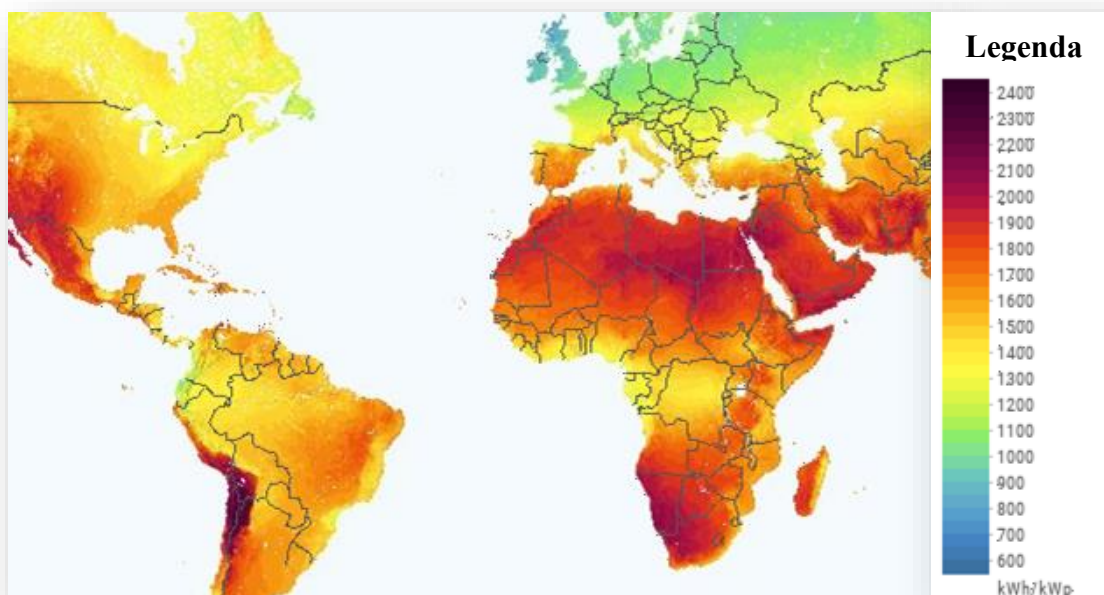
A GD auxilia no processo de descentralização de operação do setor elétrico, fornecendo possibilidade de distribuição geográfica com diversos polos de operação, com projetos menores e mais otimizados, ou seja, entrega de geração do volume contratada em menor tempo. Firmando um relacionamento mais transparente, baseado em confiança e flexibilidade de fornecimento, pois menores distancias de transmissão proporciona menores índices de perdas técnicas e garantia de abastecimento.

3.3.1 Geração Distribuída Fotovoltaica

A Energia solar fotovoltaica é considerada a mais limpa por não apresentar emissões e ruídos para gerar energia, extremamente adaptável ao ambiente por ser modular. Tem como fonte a radiação solar, que entra em contato com os módulos fotovoltaicos onde possui células que geram energia no formato de correntes solares. É a fonte que mais se adapta a geração distribuída (RODRIGUES, 2002). A produção de energia elétrica a partir de fonte solar fotovoltaica no Brasil, passou a ser mais interessante, principalmente com Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica, porque apresentam total aproveitamento da energia gerada, pois não necessitam de um sistema de armazenamento. Em parceria com as concessionárias estes projetos contam com fornecimento quando não produz energia e armazenadora em momentos de alta produtividade (URBANETZ, 2018).

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2014) realizou um estudo sobre a expansão de geração Fotovoltaica em telhados de edificações brasileiras, apresentou uma metodologia econômica que quando o custo de autoprodução fosse equivalente ao valor cobrado pelo fornecimento de energia pelas distribuidoras, fenômeno denominado paridade tarifária, encontraria a viabilidade do projeto. Este estudo apresentou que na época a produção de energia a partir de geração Fotovoltaica tinha uma participação de aproximadamente 0,16% do consumo do Sistema Interligado Nacional.

Figura 06 - Potência fotovoltaica específica – Radiação no mundo

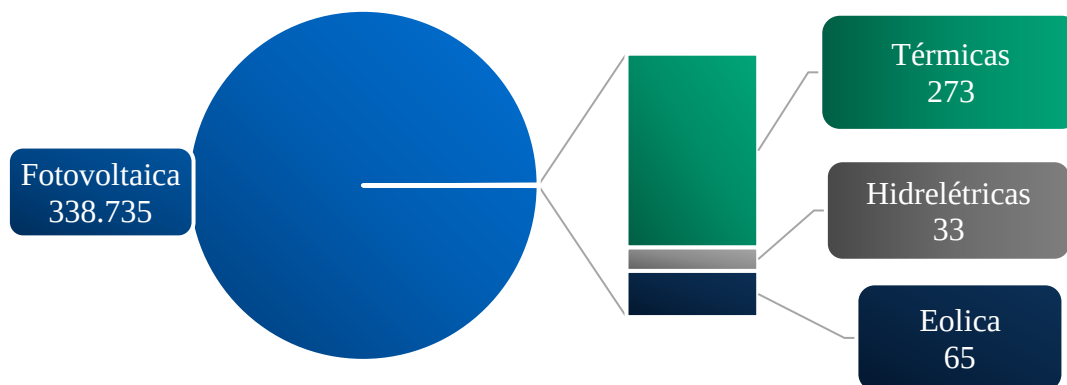


Fonte: Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA, 2020)

Sistemas FV uma vez construídos dispensam custos de manutenção e operação, depois que planta é custeada a energia fotovoltaica é a mais barata. Em território nacional existe amplo potencial de produção fotovoltaico de 1500 a 2000 kWh/kWp como observado na Figura 06, por estar em uma posição do globo onde há incidência de altos níveis de radiação, possibilitando a instalação de placas menos eficazes que oferecem menor custo. Por exemplo, a Alemanha que está localizada na Europa com potencial de produção fotovoltaico de 1000 a 1200 kWh/kWp, para ter o mesmo volume de produção de energia, precisa empregar células de silício monocristalino de alta performance (20%), enquanto no Brasil seria possível utilizar células de filme fino (6-11%). Levando em conta que as células implicam em 70% do custo do projeto, pode ser uma opção para aumentar a adesão ao sistema barateando as instalações (ELGAMAL, 2020; MARTINS, 2015; NARUTO, 2017). Outros países da Europa como Alemanha, Inglaterra e Irlanda investem muito no setor de solar fotovoltaico promovendo políticas de incentivo e investimento em novas tecnologias, o Brasil tem potencial para acompanhar as diretrizes internacionais no setor.

3.3.2 Geração Distribuída no Brasil

Figura 07 - Unidades consumidoras com GD no Brasil



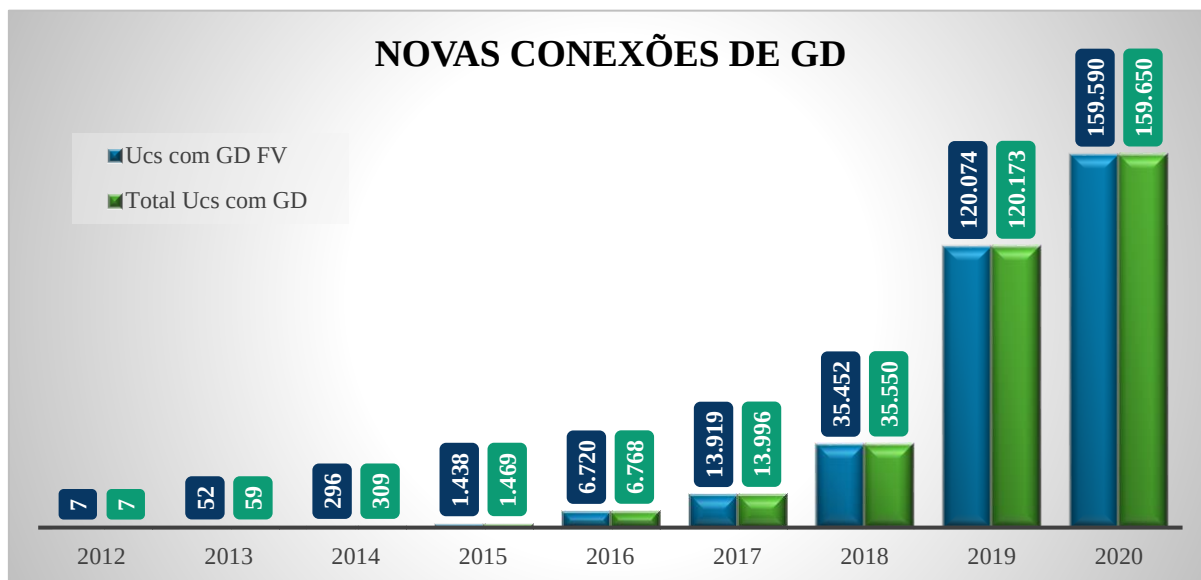
Fonte: ANEEL, 2020

Atualmente após 8 anos da implementação da resolução 482 da ANEEL de 2012, em território nacional existem 268.028 unidades consumidoras (UC) que possuem minigeração ou microgeração distribuída e injetam energia na rede elétrica, correspondendo a aproximadamente 10% das unidades consumidoras do Brasil. A maioria das UC 267.613 utiliza energia solar, equivale a 99%, principalmente porque 9 a cada 10 brasileiros conhece apenas essa fonte como opção para GD. O restante 1% das UCs com GD é composto por 249 usinas Termelétrica, 102 unidades com geração hídrica e 64 parques eólicos, conforme analisado no gráfico 04 (ANEEL, 2020; GREENPEACE, 2013).

A ANEEL não possuía metas estabelecidas quando regulamentaram o mercado de GD, não havia um total esperado de unidades consumidoras com geração distribuída, diferente de países como Índia, Chile e Estados Unidos onde as empresas públicas reguladoras possuem metas a cumprir, estabelecendo o número de residências que precisam estar conectados e ativos com geração distribuída a partir de fontes renováveis. Mesmo sem ter metas a ANEEL obteve

um crescimento exponencial de número de novas conexões ao sistema como GD, conforme apresentado no Figura 08.

Figura 08 - Novas conexões de unidades consumidoras com GD no Brasil



Fonte: ANEEL, 2020

Desde 2012, a potência instalada de geração distribuída fotovoltaica (GDFV) triplicou. A GD pode ter diversas fontes como geradoras, mas a FV é a mais implementada por possuir baixa manutenção e operação e instalação otimizada. No total, a capacidade adicionada de GDFV no ano de 2018 foi 1,65 GWp; a potência total instalada em território nacional em 2018 era de 159,97 GW, assim, a GDFV correspondia a aproximadamente 1% do total da matriz nacional. O percentual de energia solar ainda é insignificante embora possua grande potencial de crescimento (URBANETZ, 2018)

Em 2014, estimava-se que apenas residências de alto padrão poderiam arcar com o alto custo de um projeto de GD. Entretanto, com a alta radiação no Brasil e com as quedas dos valores dos componentes FV a microgeração residencial tem mais vantagens do que desvantagens. Mas, ainda o acesso a esta tecnologia ocorre aos públicos da classe alta, principalmente nas regiões sul e sudeste (EPE, 2014)

Os consumidores investem em GD por inúmeros motivos desde acreditar em desenvolvimento sustentável até busca de retorno financeiro, por possuir o título de energia do futuro. Mas, o fator de maior impacto é o desenvolvimento tecnológico e a possibilidade de aquisição. Em 2015, o Brasil possuía mais de 30 parceiros comerciais internacionais para importação de equipamentos solares, enquanto para energia eólica possuía apenas 20 parceiros,

resultando em maior volume expressivo de componentes solares comprados. A indústria GDFV ainda depende muito do mercado internacional, a principal fornecedora é a CHINA desde 2010, mas existe outros países avançando em pesquisas para melhorar a tecnologia, como México, Itália e Portugal. Mesmo que países como Estados Unidos e China possuam grande domínio na exportação de componentes eólicos ainda existe diversas complicações logísticas e burocráticas. Se destacando como melhor alternativa a micro geração a partir da energia solar (DA SILVA FILHO, 2015; URBANETZ, 2018; NARUTO; 2017).

3.3.3 Vantagens e Desafios Para GDFV

Vantagens

De acordo com Lora e Haddad (2006), existem três grandes motivações para investir em GD do ponto de vista ambiental: (1) A Norma regulamentadora 482/2012 prevê que projetos de micro e minigeração distribuída precisam ser a partir de fontes renováveis (solar, eólica e biomassa), ressaltando preocupação com meio ambiente, sendo uma inteligente estratégia para diversificar a matriz elétrica e conter a emissão de CO₂, viabilizando a utilização dos recursos naturais de maneira sustentável. Preservando ecossistemas inteiros ao não utilizar extensões de terra e água, e mantendo vegetação natural, sem a necessidade de construção de grandes usinas e trajetos para transmissão; (2) Preservação de comunidades indígenas e ribeirinhas, além de diminuir a intensidade de conflitos por regiões de preservação como regiões na Amazônia, porque a GD freia as construções de grandes usinas centralizadas e inviabiliza a necessidade de expansão das linhas de transmissão; (3) É uma excelente estratégia para diversificar a matriz elétrica, inserindo permanentemente recursos renováveis no planejamento energético, promovendo ainda eficiência energética, pois a geração descentralizada está mais próxima da unidade consumidora.

A GD pode propiciar bem-estar social, pois entrega de maneira mais eficiente energia a regiões que são excluídas do SIN ou que possuem falhas de atendimento, e para serviços essenciais como hospitais, aeroportos, departamentos jurídicos e entre demais estabelecimentos que não podem ficar sem abastecimento (MARTINS, 2015). Conforme Lora e Haddad (2006), existem alguns benefícios essenciais da GD da perspectiva da sociedade: (1) Aumento na qualidade e confiança na distribuição; (2) Energia elétrica gerada pelo projeto de GD instalado

tem custo inferior à disponibilizada pelas empresas distribuidoras; (3) Promove desenvolvimento socioeconômico na região; (4) Atrai investimentos internacionais.

Projetos de Geração Distribuída Fotovoltaicas asseguram o retorno financeiro aos investidores que direcionar capital a este segmento no Brasil nos próximos anos. A GDFV se destaca por gerar energia a partir do sol, é a mais promissora dentro do ramo, uma vez que apresenta diversas vantagens e possibilidades em território nacional:

- a) **Tecnologia modular** viabilizando projetos de diferentes dimensões;
- b) **Aperfeiçoamento da tecnologia** promovendo ganho exponencial de eficiência. Pois a curva de aprendizado no segmento envolve novidades desde novas formas de utilizar a matéria prima, até fabricação mais dimensionada dos componentes FV;
- c) **Reserva natural de Quartzo:** Aproximadamente 80% das células fotovoltaicas são a partir do silício cristalino. O Brasil tem grandes jazidas de quartzo, é o 4º maior produtor do mundo, entretanto não possui tecnologia para converter o quartzo em silício e purificá-lo a 99,999% como é utilizado na produção dos módulos FV (SILVA, 2015);
- d) **Irradiação solar:** Outra categoria que o Brasil se destaca, possui os mais altos níveis de radiação do planeta como demonstrado na figura 06, irradiação solar chega a 1.500 a 2.000 kWh/m devido ao país estar localizado na região intertropical. Em área brasileira os locais de menor índice são muito superiores aos melhores locais da Europa;
- e) **Desenvolvimento socioeconômico** em Regiões que investem em GD: mais recursos e desenvolvimento do setor na região como novas indústria para entrega de equipamentos e **geração de empregos pela fonte solar entre 25 a 30** vagas por MW instalado (ANEEL, 2018);
- f) **Baixos impactos ambientais** comparando com outras fontes também renováveis, como parques eólicos e centrais hidrelétricas precisam de degradar áreas extensas. Enquanto projetos de Geração Distribuída Fotovoltaicas (GDFV) podem ser instalados em qualquer edificação, preservando ecossistemas inteiros ao não utilizar extensões de terra e água, mantendo vegetação natural sem a necessidade de construção de grandes usinas e trajetos para transmissão. Fonte mais limpa para geração de energia, pois não emite nenhum tipo de poluente e GEE;
- g) **É inesgotável**, promove uma maior eficiência com um menor custo;
- h) **Energia Evitada:** a demanda de energia que a distribuição precisa contratar é menor quando há instalações de autoprodução de energia de GD;

- i) **Redução de perdas na distribuição;**
- j) **Redução de investimento em Expansão do sistema de transmissão e de distribuição;**
- k) **Redução da emissão de gases de efeito estufa.**

Desafios

Segundo Martins (2015), as barreiras podem ser divididas em três classes principais: (1) **Barreiras Financeiras:** equivale as dificuldades de financiar projetos, alto custo de instalação e retorno moroso; (2) **Barreiras Institucionais e Regulatórias:** engloba a credibilidade da tecnologia por ser imatura, complexa e promover dúvidas na população leiga, resultando em poucos sistemas em operação, além de barreiras regulatórias; (3) **Barreiras Comerciais:** Falta de incentivos públicos, poucos profissionais eficientes e qualificados, e preocupação com serviço oferecido.

Um ponto importante de destaque é que na REN 482/2012 e suas respectivas alterações não fica explícito quem paga o imposto sobre a energia injetada na rede, aparentemente o cálculo do imposto deve desconsiderar este volume de energia. Assim, o ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) não deveria ser cobrado como ocorre em diversos estados brasileiros. É um fator de desvantagens para GD as altas taxas de impostos em cima da compensação energética. No sistema *net-metering* o total consumido deveria ser reduzido do total gerado. Entretanto, a cobrança de ICMS é aplicada para toda energia consumida por residências, ou seja, o consumidor paga imposto pela sua micro geração ao invés de pagar apenas pela energia de fato utilizada. Alguns estados no Brasil já analisaram que estas cobranças são negativas e inviabilizam o estabelecimento do mercado, tentando solucionar o problema em 2014 anunciaram o fim da tributação sobre compensação de energia elétrica nos primeiros 5 anos após investimento, esta ação foi tomada pelos estados de Tocantins, Minas Gerais e Goiás. No imposto de renda pode haver a dedução de até 30% do investimento total em 2 anos. (DA SILVA FILHO, 2015; URBANETZ, 2018; NARUTO, 2017)

Em contrapartida, desde 1997, a Confaz declarou que não pode cobrar ICMS sobre módulos fotovoltaicos, mas não engloba inversores, frequências e medidores, que são outros equipamentos necessários para instalação do projeto completo. Contudo, existe aplicação de outros impostos sobre os serviços e equipamentos. Apenas custo de PIS e CONFINS que são

impostos de importação chegam a aproximadamente 21% do total do custo de desenvolvimento de uma planta de GDFV (CONFAZ, 1997).

Em comparação com outros países que implantaram o sistema *net-metering* como Alemanha e Itália, na Europa, ou Chile, na América do Sul, pode-se afirmar que são necessários mecanismos complementares no mercado ou políticas públicas, por exemplo: empréstimos facilitados, tarifas personalizadas, isenções fiscais, metas estabelecidas para o governo atingir diversificação da matriz e microgeração a partir de fontes renováveis. Em média, países com esse segmento bem estabilizado possuem ao menos quatro mecanismos de mercado, mesmo em comparação com países em estado emergente (URBANETZ, 2018).

Para garantir sucesso à instalação de GD, é preciso fornecer energia elétrica aos seus consumidores finais na forma mais confiável, estável e segura possível; é preciso planejamento e estruturação técnica. Escolher as fontes de energia que deverão fornecer energia a partir do ponto de vista técnico, político, social, econômico e ambiental, visando diminuir os impactos negativos e aumentar os benefícios da GD na operação do sistema elétrico como no atendimento das necessidades da sociedade (NARUTO, 2017).

4 METOLOGIA

Artigos de revisão são uma categoria de pesquisa que utilizam diversas fontes de informações, seja bibliográfica ou eletrônica, para adquirir resultados de pesquisas de trabalhos variados, a fim de fundamentar teoricamente um novo projeto. Uma revisão sistêmica é um trabalho planejado com objetivo de responder uma pergunta norteadora, e demais específicas, através de métodos explícitos e sistemáticos para encontrar, selecionar e analisar os estudos que serão incluídos na revisão (ENFERM, 2007).

Neste presente trabalho foi empregada a metodologia determinada através de 4 etapas apresentadas por Gil (2017). Esta pesquisa é considerada aplicada, visto que se tem uma problemática central sobre a qual se desenvolve uma análise documental, a partir da seguinte questão: **“Com a nova revisão da Resolução Normativa 482/2012, haverá crescimento sustentável da Geração Distribuída fotovoltaicas para complementar a matriz elétrica nacional?”**

A seguir uma descrição das respectivas etapas da pesquisa.

4.1 1ª Etapa – Localização dos estudos

A pesquisa acerca do tema iniciou nas plataformas digitais, principalmente *Google Scholar* e sites governamentais. Aplicando as palavras chaves com objetivo de alcançar bibliografia para o referencial teórico: **“Geração distribuída, matriz elétrica, energia solar, Usinas Fotovoltaica, REN 482/2012, revisão”**, focando em trabalhos no período específico de 2015 a 2020, a fim de obter a quantidade de trabalhos viáveis.

4.2 2ª Etapa – Coleta de Dados

Neste trabalho foram utilizadas fontes bibliográficas e documentais que apresentaram informações relevantes ao tema da revisão, desde artigos, pesquisas, livros, revistas e documentos do governo federal e de órgãos ligados ao setor elétrico. Principalmente, a fim de atingir os objetivos geral e específicos, a pesquisa foi direcionada a sites especializados que forneceram com mais integridade informações originais como pesquisas nacionais e documentos públicos do Ministério de Minas e Energia (MME), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE).

Para a coleta de dados, utilizou-se uma triagem pré-estabelecida. Em primeiro lugar, uma leitura rápida do *abstract*, a fim de conferir se a obra é de interesse ao trabalho. Posteriormente, uma leitura detalhada dos que realmente convinham ao tema, a fim de extrair as informações específicas para estruturar a escrita do referencial teórico. Para dar embasamento, houve preferência aos documentos oficiais mais atuais e com projeções para o futuro.

4.3 3º Etapa – Análise e Interpretação dos Resultados

Os trabalhos e documentos selecionados foram utilizados como referencial teórico, focando em apresentar os dados relevantes para fornecer um embasamento denso e proveitoso, fornecendo um cenário plausível para a discussão e para servir a outros futuros trabalhos.

Manteve-se um acompanhando e leituras dos documentos extraídos de sites dos órgãos do Governo Federal, notícias e apontamentos do processo de reestruturação da Resolução Normativa 482/2012 que passa por revisão desde maio de 2018 - teve processo estendido até 2021 em consequência da pandemia mundial causada pelo Covid-19. A ANEEL apresentou no AIR- Análise de Impacto Relatório os 6 possíveis cenários de aplicação; o processo foi aberto para consulta pública e obteve contribuição de diversos agentes do setor que também foram considerados. Até a conclusão deste trabalho a revisão da REN 482 não foi concluída.

4.4 4º Etapa – Discussão dos Resultados

A apresentação da Discussão dos Resultados compreende e discute as principais mudanças da REN 482 e se após as alterações ainda haverá viabilidade para Geração Distribuída fotovoltaica, buscando responder à pergunta norteadora e os objetivos específicos, com foco na discussão ao apresentar argumentos do referencial teórico que sejam relevantes para apoio do cenário real. Adicionalmente, foram utilizados programas de computadores básicos para edição de textos, elaboração de planilhas, edição de gráficos e navegação da internet.

5 RESULTADOS

5.1 Histórico de Incentivo para GD

A partir de uma retrospectiva histórica, é possível afirmar que antes de 1990 não havia regulamentação aperfeiçoada para geração de energia não interligada. Há uma série de leis, decretos e resoluções que propiciaram o desenvolvimento da GD no Brasil:

A Lei nº 9.074, de 10 de setembro de 1996, foi a primeira a tratar sobre autoprodução de energia. Essa lei assegurava que o autoprodutor é autorizado a gerar energia elétrica para seu uso, enquanto o produtor independente pode destinar ao mercado. Nesta categoria podem utilizar o sistema de transmissão e distribuição de concessionários e permissionários de serviços públicos, mas devem arcar com os custos de transporte. Esse decreto visou incentivar principalmente Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's), então para potências entre 1 MW e 10MW seriam aprovados sem custos extras (BRASIL, 1996).

A Resolução nº 112, de 18 de maio de 1999, publicada pela ANEEL com objetivo de estabelecer os requisitos indispensáveis para registro, autorização implementação ou revisão de potência das centrais geradoras. Determinando que centrais geradoras de fontes alternativas com potência até 5 MW precisam apenas ser registrada na ANEEL, já as unidades com potência acima de 5 MW precisam de autorização para dar início ao projeto (ANEEL, 1999).

A Lei nº 10.848, de 2004 foi oficialmente responsável por integralizar a GD no Brasil. No mesmo ano a regulamentação oficial ocorreu através do **Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004**. Este definiu o conceito de GD pela primeira vez até então considerando apenas fontes hidrelétricas e térmicas descentralizadas, com potência igual ou inferior a 30 MW – incluía cogeração a partir de resíduos de processo como biomassa, independente da eficiência energética. Este decreto não abrange fontes renováveis, entretanto, pontuou comercialização e processo de outorga e concessões de autorizações, situou que as distribuidoras poderiam comprar energia proveniente de vetores renováveis, mas precisava ser através de chamada pública e a contratação obrigatoriamente não poderia superar 10% da carga da distribuidora. Essa limitação de 10% imposta não foi benéfica para expansão da GD (BRASIL, 2004).

Lei Nº 12.111, de 09 de dezembro de 2009, contribuiu apenas para Serviços de Energia Elétrica nos Sistemas Isolados, estabeleceu que as distribuidoras devem operar em toda sua extensão, incluindo que sistemas isolados podem ser aprovados por meio de licitações (concorrência ou leilões), sendo esses processos realizados pela ANEEL com mentoria do MME. A mesma lei determinou que o consumo de combustíveis para geração de energia deverá

ser reembolsado desde que seja maior do que o custo total de distribuição de energia para a região e a valoração da energia será do custo médio da potência e o valor comercializado no ACR do SIN (BRASIL, 2009).

A Resolução Normativa ANEEL número 482, de 17 de abril de 2012, foi um marco regulatório para o mercado da GD, pois regulamentou os sistemas de geração distribuída conectados à rede elétrica. Através do sistema de compensação de energia *net-metering* as unidades consumidoras podem optar por gerar energia elétrica em suas propriedades. Segundo a REN 482/2012 era categoriza fontes incentivadas alternativas como hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração, para aplicação da GD, para micro geração (até 100 kWp) e mini geração (de 100 kWp à 1 MWp) (ANEEL, 2012).

Resolução Normativa ANEEL número 517, de 11 de dezembro de 2012, aperfeiçoou alguns aspectos da a REN 482/2012 e o Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) no artigo III descreve um novo sistema de energia elétrica no qual a energia gerada pela unidade consumidora é cedida a distribuidora e posteriormente estes créditos são compensados de acordo com a energia consumida pela unidade consumidora cadastrada ou uma terceira, desde que seja do mesmo proprietário, ou seja, mesmo CPF ou CNPJ de acordo com o ministério da Fazenda. Dispensa a obrigatoriedade de assinatura de documentos como contratos de uso e/ou conexão na qualidade de central geradora, exigido exclusivamente um Acordo Operativo para mini geradores ou Relacionamento Operacional para microgeradores (ANEEL, 2012).

Resumidamente, a partir da REN 482/2012, tornou-se possível para os consumidores gerarem sua própria energia elétrica, utilizando a rede de distribuição do SIN através da compensação nas faturas de energia. O sistema de *Net-metering* é operado da seguinte maneira: a unidade geradora injeta na rede a energia gerada (energia ativa) gerando créditos que serão debitados da mesma unidade ou de outra que esteja na mesma titularidade. Será faturado posteriormente a diferença do volume consumido do valor de energia injetado no *grid*, caso a UC gere mais energia do que consumiu este volume é armazenado como créditos positivos para as faturas subsequentes. A distribuidora tem obrigação de realizar controle deste racional. Caberá ao consumidor arcar com o investimento de adequação no sistema de medição para se adaptar aos patamares de compensação. Enquanto a Distribuidora é responsável por proporcionar as modificações no sistema comercial e de medição, além de manter as condições de operação, com manutenções corriqueiras gerais até eventual substituição e/ou adaptação.

Este marco em forma de termo regulatório propiciou o início dos moldes para introdução de fontes renováveis do Ambiente Regulado (ACR) principalmente para UCs residenciais de baixa tensão.

A Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015, alterou a REN nº 482/2012 e os Módulos 1 e 3 da PRODIST, reformulou os conceitos de Micro e Minigeração distribuída: Microgeração distribuída com potência instalada menor ou igual a 75 kW e Minigeração distribuída com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para usinas hídricas, menor ou igual a 5 MW para demais fontes renováveis de energia elétrica. Para ambas as classificações as unidades consumidoras precisam ser conectadas à rede de distribuição (ANEEL, 2015). O conceito de minigeração distribuída foi alterado novamente na **resolução normativa nº 786, de 17 de outubro de 2017**, retirando a diferenciação de capacidade máxima instalada para usinas hídricas, antes era de 3 MW, vigorando o conceito de que a central geradora de energia tem a potência instalada entre 75 kW e 5 MW. Esta última alteração também incluiu o artigo que veda a inclusão de novas usinas que já possuam “*registro, concessão, permissão ou autorização, operação comercial no âmbito da CCEE ou comprometida com concessionária/permissionária*”. (ANEEL, 2017).

Um ponto importante de destaque é que na REN 482/2012 e suas respectivas alterações não fica explícito quem paga o imposto sobre a energia injetada na rede. Aparentemente o cálculo do imposto deve desconsiderar este volume de energia.

Pelo **convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015**, o Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), autorizou os estados a conceder isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) sobre energia elétrica abastecida pela distribuidora à unidade consumidor em empreendimentos de mini e microgeração distribuída. No geral, a isenção de ICMS era apenas para sistemas de 1 MW para um consumidor (junto a carga ou autoconsumo remoto), não se aplica a consócio ou cooperativa (sistemas com múltiplas UCs), e não incide sobre outras cobranças da distribuidora como demanda de potência, energia reativa e custo de disponibilidade. Mas, os estados tinham liberdade para escolher como aplicar o desconto do ICMS, seja sobre parcial como foi realizado pelos estados SP, RJ, ES, RS, SC, PR e TO. Ou como Minas Gerais que isenta totalmente todos os projetos de GD independente da modalidade e dimensão (CONFAZ, 2015).

Através da **Lei Nº 13.169, de 6 de outubro de 2015**, ficaram reduzidas a zero as alíquotas do Programa de Integração Social (PIS) e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) para sistemas GD local e de autoconsumo remoto de projetos de

até 5MW, desde que seja no mesmo consumidor (CNPJ ou CPF). Esses descontos sobre Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) para microgeração e minigeração distribuída otimizam o retorno econômico do projeto e são importantes para o estabelecimento do mercado (BRASIL, 2015).

Em 2015, o **MME regulamentou, a partir da portaria 538/2015, o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD)**, para promover estímulos aos consumidores a produzirem sua própria energia a partir de fontes renováveis, especialmente solar fotovoltaica e proporcionar instalação de GD em edificações públicas e edificações comerciais, industriais e residenciais. Foi criado um grupo de trabalho com diversos órgãos públicos com missão de propor ações a fim de atingir os objetivos do ProGD. Com metas bem estabelecidas para 2030: melhorar a eficiência elétrica em 10%; reduzir em 43% as emissões de GEE em comparação aos níveis registrados em 2005; estabelecer participação de 23% de fontes renováveis no fornecimento de energia elétrica, além das usinas hidrelétricas. O programa movimentará aproximadamente R\$1 bilhão até 2030 gerando 23.500 MW de energia e beneficiando mais de 2,7 milhões de consumidores (MME, 2015).

O Grupo de Trabalho ProGD envolveu MME, ANEEL, EPE, Cepel e CCEE para acompanhar ações e propor aprimoramentos legais, regulatórios e tributários de estímulo à GD. Foram divididos em 5 subgrupos em que cada instituição é responsável por coordenar temas específicos Financiamento, Prédios públicos, impactos regulatórios, impactos no sistema elétrico e comercialização. Algumas ações do ProGD são: (1) Estabelecer linhas de crédito para geração distribuída; (2) capacitação e a formação de recursos humanos; (3) Incentivo para inovação tecnológico e produtivo; (4) permitir e estimular atuação de agentes vendedores de energia de empreendimentos de GD; (5) Estudos preliminares para venda de GD no mercado livre de energia (ACL); (6) Estabeleceu os valores de referência específicos (VREs) que: “define a remuneração paga pela distribuidora ao gerador pela energia que ele entregar à rede de distribuição”, estes valores passam por atualização anualmente controlados pelo IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo). Atualmente, as distribuidoras podem adquirir até 10% de energia distribuída para complementar seu volume (MME, 2015; CCEE, 2016; 2ª Revisão Da Resolução Normativa N° 482/2012).

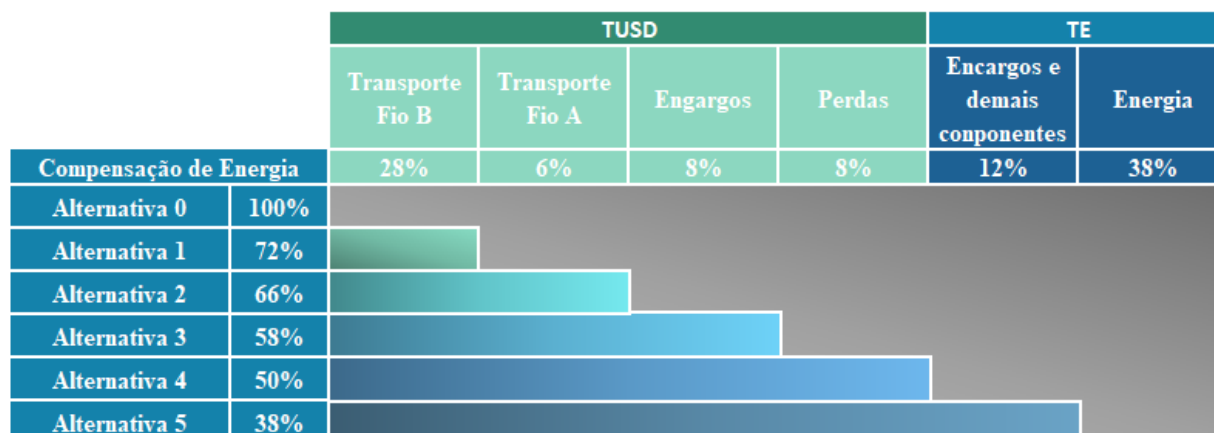
A REN 482/2012, que regulamenta a geração distribuída a partir de fontes renováveis, passa por revisões programadas a cada tempo, pois o mercado de geração distribuída é muito novo, sendo indispensável a reavaliação das necessidades específicas para estabelecimento do mercado. Uma resolução normativa, como o nome sugere, é uma “(...) *norma jurídica que estabelece ou sugere condutas de modo geral e abstrato, sem destinatários específicos e*

tratando de hipóteses... estabelecem normas, regras, padrões ou obrigações.” Precisa seguir diretrizes legislativas e da constituição federal, pois ser apenas jurídico complementar (MJSP, 2017). A atual revisão da norma 482 teve início em 2018, o prazo inicial era previsto na publicação vigente, alterada em 2015, segundo o Art. 15 que a “**ANEEL faria a revisão da Resolução até 31 de dezembro de 2019**”. Entretanto, devido à pandemia mundial de Covid-19 e outros tramites políticos brasileiros, esta data foi postergada. A nova perspectiva é que seja publicada no início de 2021. Caso ocorra segundo nível de contaminação poderá ser novamente adiado (ANEEL, 2012).

O processo de revisão passa por quatro fases obrigatórias: 1ª Consulta pública: ocorreu entre maio e junho de 2018, os agentes participam fornecendo insumos do mercado ao órgão regulador, visando subsidiar tomadas de decisão com contribuição de diferentes perspectivas. A 2ª Audiência pública para discussão da Análise de Impacto Regulatório (AIR): O órgão analisa como as alterações propostas irão impactar o setor energético e a sociedade, os agentes envolvidos podem contribuir nesta etapa por comentários sobre as premissas apresentadas de forma online ou participação nas reuniões presenciais, ocorreram três em diferentes capitais, esta etapa ocorreu de janeiro a abril de 2019. A 3ª Audiência pública para discussão da minuta de texto (REN e PRODIST): Discussão presencial de todas os agentes. 4ª Fase Publicação da resolução aprimorada: Após votado pelo conselho diretor passa a ser de conhecimento público e entra em vigor previsão atual é primeiro trimestre de 2021. Contudo, pode haver novas atualizações. O Tribunal Contas da União (TCU) determinou que a ANEEL precisa apresentar em até 90 dias (a partir do dia 18 de novembro) o plano de ação para resolver a situação do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) contido na REN 482 (ANEEL, 2018; TCU, 2020).

Na AIR, foi apresentado pela ANEEL uma proposta com 6 possíveis alternativas para o Sistema de Compensação de Energia Elétrica mudando apenas a forma como **valoram a energia injetada na rede**, considerando diferentes componentes da tarifa de fornecimento de energia para tal valoração, conforme exemplificado na figura. Segundo o órgão regulador estas análises foram decorrentes de uma revisão na metodologia de estudo de impacto regulatório de todo setor e como reflete em todos os agentes envolvidos, as distribuidoras alegam que não há cobrança do uso da rede impossibilitando reajustes, enquanto os instaladores e consumidores ressaltam os muitos benefícios da GD a sociedade. Não há uma quantificação dos custos e benefícios da GD, estes custos ou benefícios são repassados principalmente as UCs que não possuem GD e que consome energia da distribuidora. Assim, Sistema de Compensação vigente,

Figura 09 - Componentes que incidiriam sobre a diferença entre Consumo e geração de acordo com as alternativas propostas



Fonte: ANEEL, 2018

pode não refletir o real impacto da GD para a sociedade. O principal objetivo do AIR proposto pela Aneel com consolidação das recomendações do setor é “... *desenvolver a GD de forma sustentável, reduzindo eventuais transferências de custos aos demais usuários.... ao mesmo tempo, manter reduzidas as barreiras para a implantação desse tipo de empreendimento*” (ANEEL, 2018).

As alternativas regulatórias para tratamento da forma de compensação de energia foram pensadas com base nas características da composição das tarifas: **Alternativa 0 – Cenário atual:** não há incidência de nenhum tributo (TUSD e TE) na compensação da energia injetada na rede; **Alternativa 1 – Incide Fio B:** haverá incidência do componente Transporte Fio B sobre toda a energia consumida da rede. Enquanto sobre a diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede, continuará incidência das outras tarifas. **Alternativa 2 – Incide Fio A e Fio B:** As tarifas de Transporte (Fio A e Fio B) incidiriam sobre toda a energia consumida da rede. As demais parcelas da tarifa continuariam incidindo sobre a diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede. **Alternativa 3 – Incide Fio A, Fio B e Encargos:** equivalente à alternativa anterior, mas incluindo a parcela de Encargos da TUSD entre as componentes que seriam aplicáveis a todo o consumo de energia registrado na unidade. **Alternativa 4 – Incide toda a TUSD:** a TUSD cobrada sobre toda a energia consumida da rede, os componentes da TE apenas sobre a diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede. **Alternativa 5 – Incide toda a TUSD e os Encargos e demais componentes da TE:**

Figura 10 - Custos e benefícios sob a ótica dos consumidores com GD em comparação demais consumidores

	Consumidor com GD	Demais consumidores
Pagamento de custo de disponibilidade	Custos	Benefício
Energia evitada		Benefício
Redução de perdas na distribuição		Benefício
Redução perdas na transmissão		Benefício
Redução da capacidade máxima do sistema		Benefício
Contratação de demanda em sistemas para compensação remota		Benefício
Pagamento evitado à distribuidora (valorado conforme alternativa)	Benefício	
Pagamento evitado de impostos (ICMS e Pis/Cofins)	Benefício	
Redução do mercado das distribuidoras	Custos	
Custo de implantação do sistema	Custos	
Custo de troca do inversor (no ano 13)	Custos	
Custos de manutenção (incluídos no percentual de redução da energia gerada anualmente)	Custos	
Pagamento da contratação de demanda em sistemas para compensação remota	Custos	

Fonte: ANEEL, 2018

apenas a Energia da TE contemplará a diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede. Demais tarifas será cobrada sobre toda a energia consumida (ANEEL, 2018).

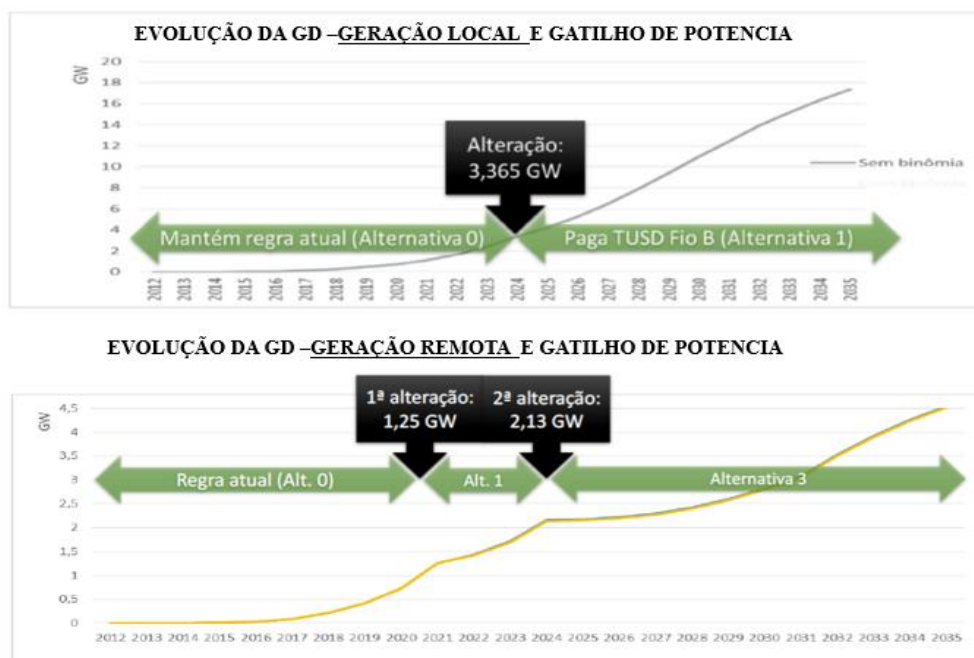
A ANEEL realizou um estudo de modelo lógico para cada alternativa apresentada na Figura 10, considerando: 1) Cálculo de *Payback* (retorno do investimento) de acordo com a alternativa aplicada e o ano de projeção (a cada ano ocorre melhor estabelecimento do mercado e custos de equipamento diminuem), são estimados os custos e os benefícios sob a ótica do consumidor e demais consumidores conforme padrões da Figura 05; 2) Estimativa de projeção de quantidade de UCs com GD; 3) Impactos da GD: de acordo com *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) organizado em sete categorias: energia evitada, impactos ambientais, perdas na distribuição e na transmissão, capacidade de geração, capacidade de distribuição e de transmissão, serviços auxiliares e outros fatores (ANEEL, 2018).

A partir dos resultados da metodologia descrita, o órgão regulador obteve uma proposta para ser apresentada com condições separadas para modalidade de geração local e geração remota. **Geração local:** Manter Alternativa 0 até consolidação do mercado de GD com a instalação de 3,365 GW em todo país, mas haverá porcentagem para cada distribuidora conforme número de clientes visando desenvolver todo Brasil, depois de consolidado passará a vigência da Alternativa 1 – TUSD transporte Fio B. Nesta modalidade poderá se atingir 2035 com 17 GW, evitando a emissão de 60 milhões de toneladas de CO₂, além de gerar 433 mil empregos com esse mercado de GD, modelo exemplificado na Figura 06. **Geração**

Remota: proposta é manter a situação atual até haver instalação de 1,25 GW de potência de geração distribuída remota para compensação em outra unidade consumidora, as mudanças seriam faseadas, 1º gatilho seria implantação da Alternativa 1 e depois 2º gatilho com 2,13 GW passaria a valer a Alternativa 3, modelo exemplificado na figura 11.B. Desta forma contemplam a remuneração para as distribuidoras e não prejudica demais os demais consumidores, um sistema de maior complexidade e eficiência. Estima-se potência de a total de GD remota aproximadamente 4,5 GW até 2035 (ANEEL, 2018).

Consumidores que instalem GD antes do fim desta revisão são contemplados com direito adquirido, acerca das regras vigentes por 25 anos, contados a partir da data de conexão. Consumidores que instalem GD após a validação poderão ter direito ao cenário de Alternativa 0 por 10 anos, e posteriormente passa a nova proposta seja Geração Remota ou Local. Quem realizar estudo de conexão após os gatilhos precisarão seguir as normas aprovadas (ANEEL, 2018).

Figura 11: Evolução estimada da GD local(A) e GD remota, mais respectivos gatilhos de potência (B)



Fonte: ANEEL, 2018

Segundo a proposta sugerida pela ANEEL no AIR cumpre o objetivo definido “desenvolver a GD de forma sustentável, reduzindo eventuais transferências de custos aos demais usuários”.

Pois daria a oportunidade do setor de GD se estabilizar antes de mudanças bruscas no modelo de compensação, assim permitiria instalar 22 GW até 2035, reduzindo 74 milhões de toneladas emissão de CO₂ e criando aproximadamente 550 mil vagas empregos. Nesta estratégia, os demais consumidores seriam contemplados com grandes benefícios cerca de 6,9 bilhões considerando mudanças para geração local, ao invés de custo de R\$ 4 bilhões de fosse mantida. E o repasse de custos para compensação de geração remota será apenas de R\$ 3 bilhões no período analisado (2020-2035) ao invés do montante de R\$68 bilhões se fosse mantida a regulamentação atual (Alternativa 0) por período indeterminado (ANEEL,2018).

Houve muitas contribuições na fase de consulta pública, entretanto, esta proposta da ANEEL não foi bem aceita por entidades representantes e agentes participantes do setor que almejam o crescimento da GDFV. Para a Associação brasileira de energia solar (Absolar), a proposta descrita o AIR está incompleta pois a “*valoração de atributos da GDFV abranja os aspectos elétricos, energéticos, sociais, ambientais, econômicos e estratégicos relativos à REN 482/2012*”, aspectos estes não considerados no documento da ANEEL, além de que é preciso apresentar cálculos mais coerentes que abordem com coerência os reais benefícios da GDFV (ABSOLAR, 2020).

No dia 18 de novembro de 2020, o TCU emitiu o Acórdão 3063/2020 determinando que a ANEEL apresente em um prazo de 90 dias um plano de ação com prazos e responsáveis, com objetivo de reformular os subsídios de sistema de compensação de energia elétrica (SCEE), contido na Resolução ANEEL 482/2012, alterada pela Resolução ANEEL 687/2015 e 787/2017. TCU iniciou investigação sobre a alçada da ANEEL para executar esta atividade, motivado pela solicitação do subprocurador-geral do Ministério Público Lucas Rocha Furtado, com foco nas violações aos princípios jurídicos praticados pela Consulta Pública ANEEL 25/2018. Analisando o caso a partir dos relatos da ANEEL, MME e ME ficou evidente de que a GD regulamentada pela REN 482 apresenta subsídio completo as unidades consumidoras que optam por gerar a própria energia, mas, há repasse de custos e encargos do setor elétrico de forma desigual aos consumidores, com oneração aos usuários que não utilizam o sistema de *net-metering*. Caracterizando como subsídio cruzado entre consumidores, mas este tipo de subsídio tarifário só pode ser estipulado por uma Lei federal. Então Aneel não teria competência para estabelecer este subsídio, logo precisa-se rever este cenário para acabar com a desigualdade das tarifas. Contudo TCU não pode determinar quando/como a Aneel revisará a norma, a diretriz apenas é determinação para que em 90 dias seja entregue o plano de ação (TCU, 2020).

6 DISCUSSÃO

Segundo dados da EPE de 2018, a matriz elétrica brasileira é considerada referência por apresentar grande composição de fontes renováveis em comparação com a média mundial. As Hidrelétricas são responsáveis por 60% da demanda e são consideradas "energia limpa" por empregar força da água e não emitir diretamente CO₂. Entretanto, de acordo com o estudo de Fearnside (2015), há outras considerações, pois para a construção e instalação de uma grande usina ocorrem mudanças irreversíveis na paisagem, prejuízos ambientais e sociais incalculáveis devido à necessidade de alargar grandes regiões ocasionando a decomposição de matéria orgânica (flora e fauna) que, “afogadas”, criam um ambiente anóxico com emissão de metano e metilação de mercúrio. Mesmo não contribuindo para o aquecimento global diretamente, a geração de energia hídrica causa impactos para comunidades locais provocando desequilíbrio ambiental no ecossistema todo, além de impactos sociais às comunidades ribeirinhas.

Moretto (2012) afirma que a sazonalidade é uma importante característica na geração de energia hídrica, pois na época de seca é previsível a instabilidade de produção. E, com os registros climáticos, é perceptível que há alguns anos os períodos de estiagens estão se prolongando, reflexos de diversos acontecimentos antrópicos e mudanças ambientais. Essa dependência da frequência de chuva reflete o despreparo da matriz elétrica brasileira, ao ser composta majoritariamente por única fonte. Resultando, às vezes, na ausência de fornecimento como ocorreu no de 2001 com o grande apagão. Segundo Moretto (2008), naquele momento, o país estava se recuperando de uma crise macroeconômica e, como sempre há nestas situações, houve aumento do consumo de energia para impulsionar a evolução econômica e o desenvolvimento social.

A energia é insumo essencial para garantir qualidade de vida. A partir da eletricidade, as indústrias e empresas fabricam bens e prestam serviços essenciais (aquecimento, luz, acesso a tecnologias e infraestruturas urbanas). A tendência é de que quanto mais energia uma sociedade consome melhores serão seus índices de desenvolvimento (GOLDEMBERG e MOREIRA, 2005; PAUL & BHATTACHARYA, 2004 e OLIVEIRA, 2017). De acordo com dados da EPE (2020), nas últimas décadas, no Brasil, houve crescimento exponencial do consumo de energia elétrica, sendo previsto crescimento médio de 3,7% ao ano para a próxima década para manter os padrões de vida da sociedade. Dudley (2018) mostrou que o Brasil, como país emergente, apresenta uma média de consumo de energia per capita de 1,45 tep, estando abaixo da média mundial de 1,8 tep per capita. É nítida a necessidade de promover maior potência energética e diversificação da matriz, a fim de proporcionar desenvolvimento dos

índices nacionais. Martins (2015) considera que à medida em que o PIB *per capita* aumenta, ocorre degradação ambiental para promover desenvolvimento das civilizações, ou seja, o crescimento econômico eleva a emissão de poluentes, fator considerado como principal emissor de GEE no mundo do setor energético. Dudley (2018) complementa, dizendo que a concentração de CO₂ na atmosfera é a principal responsável pelas mudanças climáticas. Estima-se que qualquer mudança na realidade natural do planeta cria-se cenários desconhecidos que impactam na história de vida e nos hábitos de sobrevivência de todas as espécies, inclusive *homo sapiens*. De acordo com o relatório da Agência Internacional de Energia (2016), a poluição do ar já havia matado mais de 6 milhões de pessoas por doenças respiratórias, refletindo a fragilidade da espécie humana em se adaptar às mudanças do ecossistema.

Prova de que mudanças ambientais podem impactar a sociedade está ocorrendo através da influência exorbitante da pandemia mundial do Covid-19, no crescimento do PIB mundial e na intensificada mudança de comportamento cultural. Virga (2020) demonstra que a pandemia é uma crise sanitária e humanitária que exige alto investimento para reparação, exemplificando outras situações onde é necessária reorganização dos padrões econômicos para mitigar e/ou resolver “catástrofes ambientais”, que na maior parte das vezes é consequência direta de ações antrópicas como: geração e consumo de energia por fontes fósseis. De acordo com Wirth (2015), mesmo com os avanços tecnológicos e estudos frequentes é muito delicado conseguir projetar os reais custos e consequências da geração e consumo de energia a partir de fontes fósseis, uma vez que poderão ser enxergados apenas no futuro como: catástrofes e desastres naturais a partir de emissão de CO₂, alterações climáticas ou acúmulo de resíduos nuclear.

Cunha (2013) concluiu que “*existe uma relação de longo prazo e de causalidade simultânea entre as variáveis PIB per capita e emissão de CO₂*”. Aproximadamente 1% de crescimento do PIB *per capita* promove aumento de 7,32% de emissão de GEE. Comprovando, desta forma, a teoria de efeito escala e justificando que o crescimento econômico eleva a emissão de poluentes.

Para Varela, Cavalieri, Silva, (2008), Dudley (2018) e Cunha (2013), é preciso que a economia se desenvolva de forma sustentável, relacionando a produção de bens e serviços aos seus impactos ambientais, ou seja, economia alavancada sem a degradação ambiental. Cunha (2013) complementa que isto significa consumir recursos ambientais de uma maneira sustentável e consciente, a partir do aumento da eficiência ou por novas técnicas de produção e design de produtos e mudanças culturais.

O Brasil possui dimensões continentais, portanto, é um desafio constante garantir fornecimento de energia elétrica a todas as mais de 80 milhões de unidades consumidoras. Por estas características demográficas, o SIN tem mais de 130 mil km de linhas de transmissão, sendo que existem algumas regiões em que não há como interligar ao SIN, tais como regiões rurais e comunidades isoladas, no meio de floresta amazônica (DA SILVA FILHO, 2015).

Frente a todos os problemas apresentados para “*garantir o acesso à energia acessível, confiável, sustentável e moderna para todos*”, como estabelecido no ODS 7 da ONU, fica evidente a necessidade da diversificação da matriz elétrica brasileira incluindo fontes alternativas renováveis complementando a produção nacional, principalmente na época de alta sazonalidade. Fontes renováveis com menor impacto ambiental e que não emitem GEE, visando atingir, através de conjuntos de estratégias, as metas de redução de CO₂ para manter as condições de vida no planeta. De acordo com Naruto (2017), a Geração Distribuída (GD) tem o objetivo de gerar energia a partir de fontes alternativas renováveis e complementar a produção nacional. Assim, a presença da GD proporciona um direcionamento mais assertivo para prospecção da matriz elétrica brasileira, melhorando a previsão e planejamento do setor no futuro.

O mercado de Geração Distribuída no Brasil é extremamente jovem, com origens em 2012, e está em uma situação muito delicada devido à futura revisão dos subsídios dados pela REN 482. As experiências internacionais de países que atingiram consolidação em geração distribuída a partir de fontes renováveis, refletem a escolha de retirar os subsídios liberados pelos governos após atingir uma porcentagem significativa na matriz energética. Segundo estudos de Urbanetz (2018), países com esse segmento bem estabilizado possuem ao menos quatro mecanismos de mercado, mesmo em comparação com países em estado emergente. Ou seja, esses países investiram mais e por mais tempo, como linhas de financiamento específicas que foram realmente atrativas.

Wirth (2015) demonstrou que a Alemanha possui radiação solar muito menor que no Brasil, apresentando 12,4% de participação de energia solar na Matriz Energética. Fator proporcionado pela integração da GD com mais tipos de incentivos. Diversos estados norte-americanos aplicaram estratégias semelhantes e retiraram/diminuíram os incentivos federais para o sistema de compensação no mínimo quando 5% dos consumidores utilizaram o benefício. Isso reflete uma constância internacional, dados que são apresentados no próprio AIR da ANEEL, embora distorcidos de forma que se busca apresentar como uma ação semelhante à proposta descrita para o Brasil.

Segundo registro de dados da Aneel, a adesão por sistemas de autogeração foi maior desde 2018, com ênfase em 2019 e 2020 quando houve respectivamente 120.074 e 159.590 novas conexões de GD. O crescimento exponencial foi em média 300% ao ano, decorrente do início da revisão da REN 482, refletindo um comportamento interessado do consumidor cativo em consumir fontes alternativas de energia e economizar nas contas mensais. Atualmente, no Brasil, existem 338.735 unidades prosumidoras (geradoras e consumidoras), para mais de 80 milhões de unidades consumidoras no ambiente regulado conectadas ao SIN, representando 0,42% de consumidores que são beneficiados com SSCE. Representando que o sistema de compensação de energia possui pouco investimento significativo para ser considerado consolidado, este não é o melhor momento para alterar a regulamentação contrapondo os padrões de sucesso observados no mundo e as teorias bibliográficas.

Com este total de UCs com GD atingiu em 2020 aproximadamente 4GW principalmente em estados do Sul e Sudeste, alcançando todos os gatilhos da proposta inicial do AIR em 2018. Desta forma, após a revisão, irá direto para o cenário da alternativa 05, onde haverá incidência de todos os componentes das tarifas de energia TUSD (Fio A e B, perdas e componente) + TE (encargos), de forma que o prosumidor compensará apenas 38% da energia gerada. Quando o governo opta por reduzir tarifas/impostos sobre uma certa demanda, torna-se evidente a tentativa de controlar os padrões de consumo da sociedade, sendo o subsídio apresentado para a GD extremamente necessário para os consumidores cativos possuírem interesse em investir em energias renováveis.

O principal argumento para a revisão da REN 482 é de que os custos de transmissão e distribuição de energia, mais a manutenção geral da rede, são divididos igualmente entre os consumidores. Quando há alternativa de produzir sua própria energia e não há incidência das tarifas, a única forma de recebimento para as distribuidoras é dividir para os demais usuários, portanto, entende-se que estes outros usuários seriam prejudicados (ANEEL, 2020). Ao mesmo tempo que a distribuidora presta um serviço de armazenagem da energia extra sem nenhum pagamento por parte do prosumidor, por isso TCU considerou como subsídio cruzado.

No entanto, quanto mais usuários aderirem à GD, menores serão os gastos de manutenção, investimento em novas transmissões e distribuição. Além de que com geração próxima à unidade de consumo, a porcentagem de perda é muito menor. O GD apresenta muitos benefícios e autonomia aos consumidores. Assim, é compreensível que seja necessário a reformulação do SSCE, embora a transação imediata para alternativa 5 influencie negativamente o crescimento sustentável da GD, tornando o *payback* extremamente longo e

inviabilizando investimento para o mercado. O ideal, neste caso, é uma transição mais cautelosa para garantir o direito dos prosumidores e dos próximos aderidos.

No AIR da ANEEL de 2018 é apresentado o seguinte trecho:

Para a Edison Foundation, esse subsídio dado ao consumidor por meio do net metering possui ainda problemas de alocação: benefício seria direcionado para consumidores de maior poder aquisitivo (e pago pelos de menor renda) e, além disso, nos casos de locação dos painéis, “a maior parte do subsídio é transferida para a empresa locadora (ANEEL, 2018).

Entretanto, o fornecimento de energia é uma obrigação do governo pois este é um insumo essencial que molda a qualidade de vida. Dentro do capitalismo, estimula o crescimento econômico e a transformação social. Existem diversas ações que utilizam a GDFV para oferecer melhores qualidade de vida a comunidades isoladas do sistema a partir de um fornecimento de energia estável e confiável, como evidenciado no ODS 7 da ONU. O próprio governo federal utiliza esta estratégia de geração de energia descentralizada fotovoltaica com baterias em programas sociais como “LUZ PARA TODOS” instituído pelo decreto nº 4.873, para desenvolver eletrificação das comunidades rurais. Até 2010, foram atingidas mais de 15 milhões de unidades consumidoras (MME, 2003). Este ano, foi criado o programa “Mais Luz para a Amazônia” (MLA) com a finalidade de fornecer acesso à energia elétrica para a comunidades remotas dos estados da Amazônia Legal, promovendo desenvolvimento econômico e social (MME, 2020). O programa “Brasília Solar” é um dos primeiros programas estaduais (no caso, distrital) com objetivo de empregar energia solar em escolas e prédios públicos de Brasília, almejando colocar a capital do país como referência na produção de energia limpa renovável no Brasil, estratégia possível graças à GDFV.

Com objetivos semelhantes, muitas ONGs possuem iniciativas próprias para fornecer energia a comunidades distantes e gozam dos benefícios reservados para GD. O projeto "Pisco de Luz", iniciativa criada em julho de 2019, já levou energia elétrica para muitas famílias da comunidade Kalunga no município de Cavalcante – Goiás. A ONG Revolu Solar construiu a primeira cooperativa de energia solar distribuída na favela da Babilônia no Rio de Janeiro, propiciando beneficemente as 30 famílias presentes no projeto piloto que terão até 60% de economia na conta de energia, a partir do modelo de geração distribuída com modelo de compensação compartilhada, os créditos originados a partir de uma usina de geração de energia serão igualmente descontados de cada unidade consumidora presente no consórcio.

O mercado privado também enxerga oportunidades de desenvolvimento e ganho de capital ao investir em GD, pois, existem algumas motivações por parte dos consumidores como:

mudança de *mindset* da sociedade com um apelo sustentável; necessidade de maior flexibilidade e transparência na comercialização de energia e principalmente economia financeira. Na REN 482/2012 é possível investir em fazendas solares via modalidade de consumo por consórcio ou cooperativa. Através de um contrato locatário, consumidores de baixa tensão podem consumir energia limpa, sem precisar investir um alto valor na aquisição dos componentes de geração de fotovoltaico (URBANETZ, 2018).

A GD auxilia no processo de descentralização de operação do setor elétrico, fornecendo possibilidade de distribuição geográfica com diversos polos de operação, com projetos menores e mais otimizados, ou seja, entrega de geração do volume contratada em menor tempo, com confiança, menores perdas técnicas e garantia de abastecimento tempo todo, com economia na fatura (DA SILVA FILHO, 2015; URBANETZ, 2018; NARUTO; 2017; LORA E HADDAD 2006).

No Arcódão do TCU, há a sugestão ao MME para que submeta ao Congresso Nacional um modelo de nova política pública, em substituição ao sistema de compensação atualmente previsto na Resolução Aneel 482/2012. Pode ser uma oportunidade de conquista para estabelecer um marco regulatório irredutível e confiável para o setor de GD, visto que, conforme apresentado, a REN 482 não tem esse poder. A nova norma, seja pela revisão ou uma lei, não deverá impactar quem já está no programa e a transição deverá ser de forma faseada para não impactar no crescimento da GD. A principal necessidade é estabelecer uma forma de calcular os benefícios ambientais e sociais da GD que não são enxergados e compreendidos apenas em um termo regulatório. Desta forma, ainda está incerto o futuro da revisão da REN 482, contudo, pode haver oportunidade de um marco legal com uma política pública de cunho federal com estratégias que realmente permitam a GD crescer.

7 CONCLUSÃO

Como base no referencial teórico, é possível afirmar que energia é insumo essencial para garantir qualidade de vida, pois a partir da eletricidade as indústrias e empresas fabricam bens e prestam serviços essenciais (aquecimento, luz, acesso a tecnologias e infraestruturas urbanas). A energia impulsionadora para desenvolvimento econômico e social, a tendência é de que quanto mais energia uma sociedade consome melhores serão seus índices de desenvolvimento e qualidade de vida das pessoas. Ou seja, para promover o desenvolvimento da civilização com meta de atingir consumo médio de 4,7 *tep per capita* como em países desenvolvidos que apresentam com alto padrão de vida com qualidade, consumo frequente de bens e serviços, novas tecnologias que comprimem a demanda, é preciso garantir fornecimento de eletricidade de forma abundante e segura.

Países com maior desenvolvimento econômico conseguem ofertar eletricidade confortavelmente, mas na média a matriz energética mundial é majoritariamente a partir de fontes fósseis, principal responsável pela emissão de GEE, que geram mudanças climáticas e desequilíbrio ambiental. Impactam a realidade de todo o planeta, pois qualquer as mínimas mudanças no equilíbrio do ecossistema impactam sobrevivência das comunidades, algumas espécies se adaptam, diferente dos humanos, todos os anos ocorre muitas mortes por doenças respiratórias, criadas pela poluição atmosférica. Principalmente diversos países subdesenvolvidos que não possuem recursos para lidar com as consequências das ações antrópicas. Além de que, desvio de verba para lidar com catástrofes lerdiam o desenvolvimento econômico. Então é primordial garantir crescimento da demanda de energia sem haver degradação ambiental, visando reverter as mudanças causadas na biosfera por influências humanas.

O Brasil apresenta um cenário diferente do observado no mundo, com uma matriz energética a base de energias renováveis, mas pouco diversificada com aproximadamente 65% da matriz nacional a base de Geradoras centralizadas hidrelétricas, considerada energia limpa por não emitir diretamente CO₂, entretanto mesmo não contribuído para aquecimento global no processo de geração, para construção/ instalação ocorre mudanças irreversíveis na paisagem, prejuízos ambientais e sociais incalculáveis graças a necessidade de alagar grandes áreas. Então é preciso inclusão de outras fontes renováveis que com baixo impacto ambiental e que eleve a creditação de carbono no Brasil.

Assim a GD complementa a produção energética gerando energia a partir de fontes alternativas renováveis, diversificando a matriz. Estratégia que casa com as preocupações com

o meio ambiente e as mudanças climáticas, diminui a emissão de GEE resultantes de uso de energias fósseis. Princípio da GD é o próprio consumidor gerar a própria energia elétrica, com relacionamento transparente com a distribuidora no controle dos créditos gerados e compensados. Com ênfase as usinas de GDFV podem ser utilizadas em diferentes dimensões contemplando diversos projetos para clientes cativos com interesse em ser prosumidor.

A GDFV pode propiciar bem-estar social, pois entrega de maneira mais eficiente energia a regiões que são excluídas do SIN ou que possuem falhas de atendimento, e para serviços essenciais. Entre outros diversos benefícios:

- a) Diversificação da Matriz energética nacional, incluindo fontes renováveis;
- b) Promove desenvolvimento sustentável e maior preservação ambiental, energia solar é a energia mais limpa entre as renováveis;
- c) Redução emissão de CO₂, cumprindo metas internacionais;
- d) Redução de investimento em Expansão do sistema de transmissão e de distribuição;
- e) Redução na porcentagem de perda na distribuição pelo SIN;
- f) Atrai investimentos internacionais;
- g) Projetos de GD Fotovoltaica são modular viabilizando projetos de diferentes dimensões;
- h) Tecnologia em constante evolução, melhorando viabilidade econômica;
- i) Brasil possui altos níveis de irradiação solar, superiores aos melhores locais da Europa;
- j) Energia evitada para distribuidora gerar.

O objetivo geral deste trabalho foi analisar os incentivos regulatórios e legislativos para a Geração Distribuída, com foco na revisão da Resolução Normativa 482/2012 que é o principal fomento de regulamentação para o setor. Contudo, até a conclusão do trabalho, não foi possível averiguar a execução final do processo de revisão da norma, cuja previsão para ser protocolada é no primeiro semestre de 2021. Por inúmeras influências externas esse processo ainda poderá tomar outros caminhos. Assim, houve apenas a oportunidade de discutir as alternativas propostas no AIR da ANEEL, resultado da consulta pública considerando dados atuais no setor.

O foco da revisão da REN 482 é estabelecer uma nova forma de valoração dos créditos gerados e injetados na rede de acordo com o valor da energia entregue pela distribuidora. A ANEEL apresentou 6 possíveis alternativas para revisão o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, mudando apenas a forma como valoram a energia injetada na rede, considerando

diferentes componentes da tarifa de fornecimento de energia para valoração. Segundo as propostas sugeridas pela ANEEL no AIR, as mudanças seriam a partir do momento em que o mercado atingisse gatilhos de potência instalada, assim, daria a oportunidade de “*desenvolver a GD de forma sustentável, reduzindo eventuais transferências de custos aos demais usuários*”, o setor de GD estaria estabilizado antes de mudanças bruscas no modelo de compensação.

Entretanto, o mercado de GD apresentou crescimento exponencial nos últimos dois anos, em médias 300% a.a. Com esse cenário, já foram atingidos todos os gatilhos da proposta inicial do AIR. Considerando as premissas do AIR, ao fim da revisão será estabelecido direto alternativa 05, onde haverá incidência de todos os componentes das tarifas de energia TUSD (Fio A e B, perdas e componente) + TE (encargos). Dessa forma, o prosumidor compensará apenas 38% da energia gerada. O subsídio apresentado para a GD é extremamente necessário, para os consumidores cativos possuírem viabilidade para investir em energias renováveis.

Existem premissas de que ocorre prejuízo financeiro aos demais consumidores da área de concessão da distribuidora que arcam com a parte dos tributos dos prosumidores que são subsidiados por produzir a própria energia. É compreensível que seja necessária a reformulação do SSCE, entretanto, a transação imediata para alternativa 5 do AIR proposto pela ANEEL influencia negativamente o crescimento sustentável da GD, o payback ficará extremamente longo e inviabilizando investimento para o mercado. O ideal é uma transição mais cautelosa para garantir o direito dos prosumidores e crescimento sustentável do mercado de Geração distribuída, que é extremamente jovem. O ideal seria acompanhar padrões internacionais. Experiências de países como Alemanha e EUA que atingiram consolidação em geração distribuída a partir de fontes renováveis, optando por retirar os subsídios apenas após atingir uma porcentagem significativa consumidores aderidos ao sistema. Estes países investiram mais e por mais tempo, como linhas de financiamento específicas que foram realmente atrativas. Diferente do Brasil que ainda não possui nem o marco legal, afinal a resolução não possui poder legislativo. A presença da GD proporcionará um direcionamento mais assertivo para prospecção da matriz elétrica brasileira, no entanto, é preciso manter o cenário atual do SCEE por mais tempo até consolidação do setor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES FILHO, João. **Matriz energética brasileira: da crise à grande esperança**. Mauad Editora Ltda, 2003.

ALTOÉ, Leandra *et al.* **Políticas públicas de incentivo à eficiência energética**. Estudos Avançados, v. 31, n. 89, p. 285-297, 2017.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Gestão e estudos hidroenergéticos**. Brasília, DF. 2009. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/area>. Acesso em: Nov. 2020.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Cadernos Temáticos. Micro e minigeração distribuída. **Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. Brasília, DF, Brasil: Centro de Documentação – Cedoc, 2014.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**, que trata do sistema de compensação de energia elétrica para geração distribuída. Diário Oficial Da União. Seção 1, n. 76, pag. 53, Brasília, 2012.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa n. 228, de 25/07/2006**, que trata das certificações de centrais geradoras termelétricas. Diário Oficial da União de 01/08/2006, Brasília, 2006.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa Nº 112, de 18/05/1999**. Diário Oficial da União de 19/05/1999, Brasília, 1999.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Brasília, DF. 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>. Acesso em: nov. 2020.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015**. Brasília, DF. 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf> . Acesso em: nov. 2020

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa no 786, de 17 de outubro de 2017**. Brasília, DF. 2017. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2017786.pdf>. Acesso em: nov. 2020

BP STATISTICAL REVIEW. London, UK, v. 6, p. 2018, 2018.

BRASIL. **Decreto nº. 2.003, de 10 de setembro de 1996.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/bdec19962003.pdf>. Acesso em: nov. 2020.

BRASIL. **Decreto nº. 5.163, de 30 de julho de 2004.** Disponível em: www.aneel.gov.br/cedoc/dec20045163.pdf. Acesso em: nov. 2020.

BRASIL. **Lei nº 12.111 de 09 de dezembro de 2009.** Disponível em: http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2010/045/apresentacao/abraget_e_apine.pdf. Acesso em: nov. 2020

BRASIL. **Lei nº 13.169, de 6 de outubro de 2015.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13169.htm. Acesso em: nov. 2020.

BRIGGS, Helen. **What is in the Paris climate agreement?** 2017. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/science-environment-35073297/> Acesso em: 16 mar. 2020.

BRONZATTI, Fabricio Luiz; IAROZINSKI NETO, Alfredo. **Matrizes energéticas no Brasil: cenário 2010-2030.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção, v. 28, p. 13-16, 2008.

BUENO, Régis Diogo da Rosa. **Energia e desenvolvimento sustentável: as fontes alternativas de energia e as políticas energéticas no âmbito nacional e internacional.** Trabalho de Conclusão de Graduação. 2010.

CARVALHO, Joaquim Francisco de. **O Declínio da era do petróleo e a transição da matriz energética brasileira para um modelo sustentável.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2009.

CCEE - Câmara de comercialização de energia elétrica. Seminário Internacional. **Impactos dos Recursos Energéticos Distribuídos sobre o Setor de Distribuição.** 2016. Disponível em: <http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/workshops/ccee1.pdf>. Acesso nov. 2020.

COGEN. **Associação da Indústria de Cogeração de Energia. Siscogen.** Disponível em: <http://www.cogensp.com.br>. Acesso nov. 2020.

CONFAZ - Conselho Nacional de Política Fazendária. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015.** Brasília, DF. 2015. Disponível em: https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/CV016_15. Acesso em: nov. 2020.

CUNHA, Cleyzer Adrian; SCALCO, Paulo Roberto. **Crescimento econômico brasileiro e emissão de CO₂**. Redes (St. Cruz Sul, Online), Santa Cruz do Sul, v. 18, n. 2, p. 214-230, jul. 2013.

DE ARAÚJO, Marlene; GOES, Tarcizio. **Energias alternativas fortalecem a matriz energética**. Revista de Política Agrícola, v. 18, n. 4, p. 67-74, 2009.

DUPONT, Fabrício Hoff; GRASSI, Fernando; ROMITTI, Leonardo. **Energias Renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 19, p. 70-81, 2015.

ELGAMAL, Georges Naguib Girgis; DEMAJOROVIC, Jacques. **As barreiras e perspectivas para geração de energia elétrica por painéis solares fotovoltaicos na matriz energética brasileira**. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 9, n. 1, p. 17157, 2020.

ELETROBRÁS. Programas: POINFA. Disponível em: <http://www.eletrobras.gov.br>

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **O Plano Nacional de Energia - PNE 2030**. 2008. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Estudos>.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética Nacional 2018 - Ano Base 2017**. Brasília, DF. 2018. Disponível em : <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>. Acesso em: nov. 2020.

FERNANDES, Flávio; SANTOS, Edmilson Moutinho dos. **Reflexões sobre a história da matriz energética brasileira e sua importância para a definição de novas estratégias para o gás**. In: Rio Oil & Gas Expo and Conference. 2004. p. 1-7.

FEARNSIDE, Philip M. **Impactos ambientais da barragem de Tucuruí: Lições ainda não aprendidas para o desenvolvimento hidrelétrico na Amazônia**. HIDRELÉTRICAS NA AMAZÔNIA, p. 53, 2015.

GOLDEMBERG, J. **Energia e desenvolvimento**. Estudos Avançados. v. 12, nº 33, mai-ago, 1998.

GOLDEMBERG, J.; Moreira, J. R. **Política energética no Brasil**. Estudos Avançados. v. 19, nº 55, p. 215-228, 2005.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. São Paulo - SP: Atlas, 2017

GUIMARÃES, Vinícius David. **Planejamento energético brasileiro considerando externalidades ambientais, benefícios e investimentos econômicos, foco em energia solar.** 2018. 80 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

Incentivos Regulatórios. Revista Brasileira de Energia, Vol. 14, Nº 1, 1o Sem. 2008.

IEA - International Energy Agency. **Key world energy statistics.** Paris, OECD, 2008.

IEA - International Energy Agency. **World Energy Balances.** 2018. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TPESbySource>. Acesso em: nov. 2020.

JANNUZZI, G. M. **Power sector reforms in Brazil and its impacts on energy efficiency and research and development activities.** Energy Policy, v.3, p.1753-62, 2005.

MANDELMAN, Marcio. **Análise crítica da matriz energética brasileira e a implementação de Smart Grid.** Dissertação (mestrado) – Universidade de Taubaté. 2011.

MARTINS, Vanderlei Affonso. **Análise Do Potencial De Políticas Públicas Na Viabilidade De Geração Distribuída No Brasil.** PhD Propos, 2015.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Programa nacional de universalização do acesso e uso da energia elétrica.** 2003. Disponível em: https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Manual_PLPT_Revisao_1_Portaria_209.pdf. Acesso em: nov. de 2020.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Portaria 538/2015** - Programa de desenvolvimento da geração Distribuída de Energia elétrica - ProGD. 2015.

NARUTO, Denise Tieko. **Vantagens e desvantagens da geração distribuída e estudo de caso de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica.** Monografia de Graduação. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

OJIMA, Ricardo. **As dimensões demográficas das mudanças climáticas: cenários de mudança do clima e as tendências do crescimento populacional.** Revista Brasileira de Estudos de População, v. 28, n. 2, p. 389-403, 2011.

OLIVEIRA, Cecília Montibeller; DA SILVA, Paula Fernanda. **Estudo das políticas públicas e a análise das referências mundiais: os desafios do brasil na geração de energia, através**

do uso de painéis fotovoltaicos. Rev. COSMOS ACADÊMICO (ISSN 2595-0304), vol. 1, no 6 – Janeiro a Julho, ano 2019.

PAUL, S.; BHATTACHARYA, R. N. **Causality between energy consumption and economic growth in India: a note on conflicting results.** Energy Economics.v. 26, p. 977-983, 2004.

SCHOBERT, H. H. **Energy and Society.** Taylor&Francis, 2001, pp 531-544.

SILVA, Enid Rocha Andrade da (coord.). **Agenda 2030: ODS-Metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável.** 2018.

SWERA - Solar and Wind Energy Resource Assessment. **Specific photovoltaic power output.** Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/map?c=40.446947,-135.527344,2&m=site&s=-31.052934,124.804688>. Acesso em: nov. 2020.

PRADO, Thiago Guilherme Ferreira. **Políticas públicas e programas de desenvolvimento energético com foco em energias renováveis no Brasil: a visão do planejamento setorial de infraestrutura em energia e as perspectivas de mudanças globais para o acesso e uso de recursos energéticos.** 2014. ix, 256 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) — Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

RODRÍGUEZ, Carlos Roberto Cervantes; JANNUZZI, G. M. **Mecanismos regulatórios, tarifários e econômicos na geração distribuída: o caso dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede.** Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

TESKE, Sven. **[R]evolução energética: a caminho do desenvolvimento limpo.** 2013.

TOLMASQUIM, Mauricio T.; GUERREIRO, Amilcar; GORINI, Ricardo. **Matriz energética brasileira: uma prospectiva.** Novos estudos CEBRAP, n. 79, p. 47-69, 2007.

VARELLA, Fabiana; CAVALIERO, Carla; SILVA, Ennio. **Energia Solar Fotovoltaica: Incentivos Regulatórios.** Revista Brasileira de Energia, Vol. 14, No. 1, 1o Sem. 2008, pp. 9-22.

VIRGA, Thais; PEREIRA, André dos Santos Alonso; GIL, Henrique de Freitas Chimenes. **OS EFEITOS DA PANDEMIA DO COVID-19 NA GEOPOLÍTICA DO PETRÓLEO E NO BRASIL.** Rev. Rural Urbano, v. 5, n. 2, 2020.

WIRTH, Dr. Harry. **Recent Facts about Photovoltaics in Germany.** Germany: Fraunhofer Ise, 2015. 92 p.