

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES UNIFICADAS DE CATAGUASES**

**KAREN BARBORA CARRARO
LUCAS DUTRA DE MELO
TATIANA DE SOUZA LIMA**

**OS DESAFIOS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E SEUS IMPACTOS PARA
DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA**

CATAGUASES

2023

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES UNIFICADAS DE CATAGUASES**

**KAREN BARBOSA CARRARO
LUCAS DUTRA DE MELO
TATIANA DE SOUZA LIMA**

**OS DESAFIOS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E SEUS IMPACTOS PARA
DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Engenharia Elétrica das
Faculdades Unificadas de Cataguases como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Elétrica
Área de Concentração: Energia e
Sistemas de Potência**

Orientadores: José Eduardo H. Silva e Geraldo Furtado Neto

**CATAGUASES
2023**

Dedicamos este trabalho aos nossos colegas de curso, que assim como nós encerram uma difícil etapa da vida acadêmica e aos nossos professores que se dedicaram a nos ajudar a conquistar o sonhado diploma de engenharia

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiro a Deus por ter nos mantido na trilha certa durante este projeto de pesquisa com saúde e forças para chegar até o final.

Somos gratos às nossas famílias pelo apoio que sempre nos deram durante toda nossas vidas.

Deixamos um agradecimento especial aos nossos orientadores pelo incentivo e pela dedicação.

“Não sabendo que era impossível, ele foi lá e fez”

RESUMO

O presente estudo versa sobre os desafios da geração distribuída e seus impactos para as distribuidoras de energia elétrica, visto que o uso da geração distribuída é uma prática em crescimento rápido no Brasil, tanto por ser uma alternativa sustentável ao uso das hidrelétricas, quanto por reduzir a tarifa para o consumidor. Todavia, para as concessionárias de energia elétrica existem diversas consequências a rápida implementação desse método, tais como a sobretensão, as flutuações de tensão e corrente, a injeção excessiva de energia elétrica e a danificação de equipamentos eletrônicos e eletrodomésticos. Além desses, o estudo busca demonstrar um panorama sobre o impacto financeiro que a geração distribuída trás a essas distribuidoras, visto que acontece uma diminuição no consumo do consumidor, acarretando na perda de receita pelas distribuidoras, observando-se um grande impacto econômico ao longo dos anos para essas. Para analisar essa divergência de entendimentos, o presente trabalho usa de trabalhos acadêmicos e normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica pertinentes ao tema.

Palavras-chave: Geração Distribuída, Energia Solar, Distribuidoras, Microgeração, Minigeração.

ABSTRACT

This study focuses on the challenges of distributed generation and its impacts on electricity distributors, given that the use of distributed generation is a rapidly growing practice in Brazil, both because it is a sustainable alternative to the use of hydroelectric plants and because it reduces a tariff for the consumer. However, for electrical power ports there are several consequences to the rapid implementation of this method, such as overvoltage, voltage and current fluctuations, excessive injection of electrical energy and damage to electronic equipment and household appliances. Furthermore, the study seeks to demonstrate an overview of the financial impact that the generation distributed behind these distributors, as there is a decrease in consumer consumption, resulting in loss of revenue for the distributors, observing a large economic impact over the years years for these. To analyze this divergence of understandings, this work uses academic and normative works from the National Electric Energy Agency relevant to the topic.

Keywords: Distributed Generation, Solar Energy, Distributors, Microgeneration, Minigeneration.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Matriz Energética Brasileira no ano de 2023	13
Figura 2 - Sistemas MMGD (mini e microgeração distribuída) solar fotovoltaicos implementados.....	14
Figura 3 - Evolução da Potência Instalada de GD no Brasil	17
Figura 4 - Perdas diárias do alimentador simplificado	19
Figura 5 - Composição da Tarifa de Distribuição	21
Figura 6 - Modelo Tarifário Brasileiro Aplicado a Consumidores de Baixa Tensão...	22
Figura 7 - Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil	26

LISTA DE TABELAS

Quadro 1 - Fator de conversão de produtividade por fonte geradora e região	28
Quadro 2 – Dados simulados de uma fictícia distribuidora do sudeste do Brasil	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GD – Geração Distribuída

GDFV – Geração Distribuída Fotovoltaica

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

REN – Resolução Normativa

COELBA – Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia

PIB – Produto Interno Bruto

kW – kilowatt

MW – Megawatt

PRORET – Procedimentos de Regulação Tarifária

MME – Ministério de Minas e Energia

kWh – kilowatt-hora

RTP – Revisão Tarifária Periódica

TUSD – Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

TE – Tarifa de Energia

RR – Receita requerida

RAO – Receita verificada

P&D – Pesquisa & Desenvolvimento

MMGD - Micro ou Minigeração Distribuída

SiSGD – Sistema de análise da Geração Distribuída

Unicamp – Universidade Estadual de Campinas

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

GW – Gigawatt

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico

CGH – Central Geradora Hidrelétrica

EOL – Central Geradora Eólica

UFV – Central Geradora Fotovoltaica

UTE – Central Geradora Termelétrica

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	12
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO	15
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS	16
4 REFERENCIAL TEÓRICO	16
4.1 Geração Distribuída	16
4.2 Impactos técnicos	18
4.2.1 Perdas técnicas	18
4.2.2 Demanda máxima	19
4.2.3 Tensão	20
4.3 Impactos Financeiros	20
4.3.1 Componentes da tarifa de energia elétrica	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
6 CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica chegou ao Brasil em 1879 a partir de concessão de D. Pedro II a Thomas Edison da permissão de implementar seus equipamentos no país para fins de iluminação pública, de acordo com Januzzi (2007).

Para Carvalho (2014), os processos de urbanização, industrialização e o desenvolvimento rodoviário, acarretaram um acelerado crescimento do consumo de energia no país após a Segunda Guerra Mundial, fazendo com que fosse implantado dois sistemas fundamentais. O sistema elétrico para alimentar as cidades e os setores de serviços e indústria com a energia elétrica e o sistema de petróleo e gás, suprindo os transportes e uma parte industrial.

Carvalho (2014) ainda demonstra que o Estado começou a intervir a partir de 1955, fazendo com que o setor se modernizasse sob uma estrutura de empresas públicas, que rapidamente aumentaram a sua capacidade, estimulando o desenvolvimento da tecnologia nacional nos campos da engenharia de centrais hidroelétricas, indústrias de material elétrico e componentes mecânicos e eletrônicos de instrumentação e controle, consolidando no Brasil uma importante indústria de equipamentos, tais como empresas de engenharia, consultoria, órgãos de pesquisa e laboratórios e empresas privadas.

Lopes (2008) leciona uso da eletricidade permitiu que o Brasil passasse de um país essencialmente exportador de produtos agrícolas para aos poucos converter-se em um país industrializado, propiciando notáveis transformações sociais.

O relatório Global Data, conforme Santos (2021), levanta dados sobre capacidade, geração e consumo até 2030 e nele está contido que “o Brasil gera energia a partir de uma ampla gama de fontes que incluem fontes térmicas (gás, petróleo e carvão), energia hidrelétrica, nuclear e renovável” (SANTOS, 2021, p.1).

O desenvolvimento tecnológico, o crescimento industrial e a melhora no padrão de vida em determinada sociedade são acompanhados pela evolução do consumo de energia através do aumento dos recursos energéticos, conforme Simabukulo *et al.* (2023).

A ABSOLAR (2023) levantou dados que apontam que a energia hidrelétrica, até abril de 2023, respondia pela maior parte da geração anual de energia do país e representava uma participação de 50%, consoante gráfico da Figura 1.

Figura 1 – Matriz Energética Brasileira no ano de 2023



Fonte: ABSOLAR (2023)

De acordo com Santos (2021, p.1) o território brasileiro possui várias usinas hidroelétricas convencionais que ajudam a gerar eletricidade no período de pico, em que é consumida a grande quantidade de energia em um curto espaço de tempo. Todavia, para o autor:

Embora a geração de energia hidrelétrica esteja crescendo no país, ela é vulnerável às secas recorrentes. Grandes secas ocorreram de 2014 a 2017, levando a uma queda significativa na geração de energia hidrelétrica. O país está enfrentando atualmente outra seca severa, que deverá impactar a geração de energia hidrelétrica em 2021. As secas contínuas têm empurrado o país para o desenvolvimento do setor renovável. (SANTOS, 2021, p. 1).

Santos (2021) ainda salienta que o governo lançou diversas políticas no que diz respeito ao mercado de energia brasileiro, tais como o Plano Nacional de Energia 2030, o Plano Decenal de Energia 2023 e leilões de energia renovável. Ele ainda aponta que o governo busca focar nas energias eólica *onshore* e na energia solar fotovoltaica para diminuir a independência da energia hidrelétrica que o Brasil possui.

A energia solar fotovoltaica tem sido a fonte com maior crescimento nos últimos anos através da instalação de painéis solares fotovoltaicos por meio de geração distribuída, compreendendo a geração de energia próximo aos centros consumidores, em contraste com o modelo usual com grandes blocos geradores, consoante dados da ABSOLAR (2023).

Taranto *et al.* (2017) disciplina que uma maneira de incentivar a GDFV (Geração Distribuída Fotovoltaica) de pequeno (sistemas de geração de energia renovável conectados à rede com potência até 75 kW) e médio porte (sistemas de geração de energia renovável conectados à rede com potência superior a 75 kW e inferior a 5 MW, a ANEEL determinou a REN 482/2012, qualificando o sistema de Compensação de Energia.

Taranto *et al.* (2017) expõe que se denomina microgeração distribuída, o sistema de geração renovável com potência instalada até 75 quilowatts (kW), enquanto minigeração distribuída é aquela com potência entre 76 kW e 3 megawatts (MW).

A Figura 2 apresenta infográfico da ABSOLAR (2023) que demonstra números sobre o sistema de microgeração e de minigeração solar fotovoltaica implantados em residências, áreas rurais, prédios do poder público e indústrias.

Figura 2 – Sistemas MMGD (mini e microgeração distribuída) solar fotovoltaicos implementados.



Fonte: ABSOLAR (2023)

Devido a esse modelo de incentivo não possuir venda de energia por parte das concessionárias de energia, surgem grandes dúvidas para as distribuidoras de

energia elétrica, pois ele pode levar à uma redução significativa de receitas para a concessionária, de acordo com Gianelloni *et al.* (2017). É o caso, por exemplo, da Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA), que em 2016, durante seu reajuste tarifário, pleiteou um acréscimo de R\$ 100.649,38 de modo a recompor sua receita, devido às perdas de mercado em razão da compensação de energia de consumidores com geração distribuída, conforme ANEEL (2016).

A ANEEL (2017) versa que o PRORET (Procedimentos de Regulação Tarifária) tem a função de estabelecer critérios e procedimentos a serem utilizados para um reajuste tarifário anual das distribuidoras de energia elétrica.

Para Kozelinski (2021) A Geração Distribuída, devido seu alto crescimento nos últimos anos, passa por várias mudanças importantes, e se torna um assunto significativo a ser discutido, de modo a desenvolver soluções para aumentar ainda mais o setor energético brasileiro.

Nunes (2017) expõe que por introduzir várias fontes de energia na rede de distribuição das concessionárias de energia em pontos diferentes, pode provocar variações de tensão, fazendo com que a qualidade de energia entregue pela distribuidora aos consumidores seja impactada, resultado grandes impactos técnicos devido o aumento de cargas não-lineares presentes na rede elétrica e uma maior sensibilidade dos equipamentos eletrônicos. As variações causam prejuízos para esses equipamentos, podendo ocasionar até a queima dele.

2 OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é verificar através do PRORET quais são os componentes da receita das distribuidoras e da tarifa de energia elétrica que serão afetados por meio da inserção da geração distribuída na rede de distribuição de uma concessionária de energia elétrica através da comparação entre as perdas técnicas e financeiras mais relevantes.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS

Para realização de uma análise qualitativa e quantitativa dos desafios e impactos da Geração Distribuída para as distribuidoras de energia foi feita uma revisão bibliográfica, no qual foram analisados artigos científicos e definições em lei disponíveis em meios digitais, bem como foram abordados os principais regulamentos do setor, redigidos pelos órgãos reguladores, como Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Geração Distribuída

A Geração Distribuída foi definida oficialmente no Brasil através do Decreto 5.163 de 30 de julho de 2004 (BRASIL, 2004, p. 6) em seu artigo 14, no qual ficou estabelecido que:

Art. 14. Para os fins deste Decreto, considera-se geração distribuída a produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, incluindo aqueles tratados pelo [art. 8º da Lei nº 9.074, de 1995](#), conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquela proveniente de empreendimento:

I - hidrelétrico com capacidade instalada superior a 30 MW; e II - termelétrico, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a setenta e cinco por cento, conforme regulação da ANEEL, a ser estabelecida até dezembro de 2004. Parágrafo único. Os empreendimentos termelétricos que utilizem biomassa ou resíduos de processo como combustível não estarão limitados ao percentual de eficiência energética prevista no inciso II do **caput** (BRASIL, 2004, p. 6).

Lewandowski (2023) aponta que embora seja uma solução sustentável e eficiente em termos de energia, a geração distribuída também pode gerar desafios, como a ocorrência de sobretensões na rede elétrica, além de grandes incertezas para as concessionárias de distribuição de energia elétrica relacionadas a projeção de consumo e receita.

O Instituto Fraunhofer (2013) ressalta que como resultado de esforços de pesquisa e desenvolvimento, a tecnologia de geração distribuída vem atingindo resultados cada vez melhor em termos de rendimento na conversão da energia solar em energia elétrica. Segundo uma junta alemã de 14 laboratórios de pesquisa em

tecnologia de geração, foi possível atingir um valor de 47,7% de eficiência na conversão.

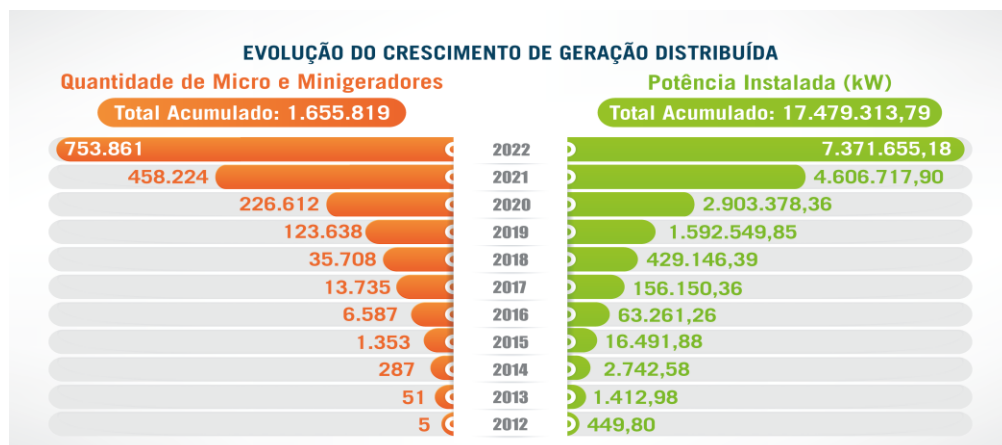
Isso contribui para tornar o custo de geração por kWh mais atraente. Com a concretização dessa tendência, associada a incentivos políticos, a energia solar pode contribuir de maneira considerável na matriz de energia elétrica através de duas formas: as centrais solares e a geração distribuída, na visão de Lewandowski (2023).

Assim, para Shayani (2010) em um cenário onde as unidades consumidoras passam a ter a possibilidade de produzir energia para consumo próprio e/ou para injetá-la na rede de distribuição, o fluxo de energia pode originar-se em locais em que originalmente apenas consumia-se eletricidade e fluir em sentido oposto ao da concepção da rede. Essa mudança de paradigma dá origem à denominação de 'prosumidor', figura que não apenas consome, mas também produz eletricidade.

Na resolução 482/2012, a ANEEL (2012) estabelece as condições para o acesso da microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição. A partir do acesso a MMGD, é criado o sistema de compensação de energia elétrica, em que o cliente que gera energia pode ganhar "créditos" nos intervalos onde sua produção for superior à sua demanda. Com a publicação desse documento, a geração distribuída no Brasil passa a ser uma realidade, e a questão do impacto da inserção de fontes na rede de distribuição se torna uma preocupação das concessionárias de energia.

Na Figura 3, a partir de dados da ANEEL (2023) pode-se verificar o crescimento acelerado da quantidade de conexões de micro e minigeradores, assim como a potência instalada na rede de distribuição brasileira.

Figura 3 - Evolução da Potência Instalada de GD no Brasil



Fonte: ANEEL (2023)

4.2 Impactos técnicos

Vieira (2016) traz que as redes atuais foram implementadas tendo como base o modelo de geração centralizada, não considerando o fluxo bidirecional decorrente da presença de geração distribuída o que pode contribuir para a redução de perdas, postergar investimentos e melhorar o nível de tensão da rede.

Nas palavras de Martinho (2009), sobretensão é o aumento momentâneo da tensão elétrica acima do valor nominal na rede elétrica. Ela pode ocorrer devido a diferentes fatores, como o consumo de energia, a distância do consumidor do centro de carga e aumento da corrente, incluindo a geração distribuída.

A geração distribuída introduz novas fontes de energia conectadas à rede elétrica em pontos diferentes dos tradicionais centros de geração. Essa inserção pode resultar em flutuações de tensão e corrente, afetando a qualidade e a estabilidade da rede elétrica, conforme Fonsêca (2018).

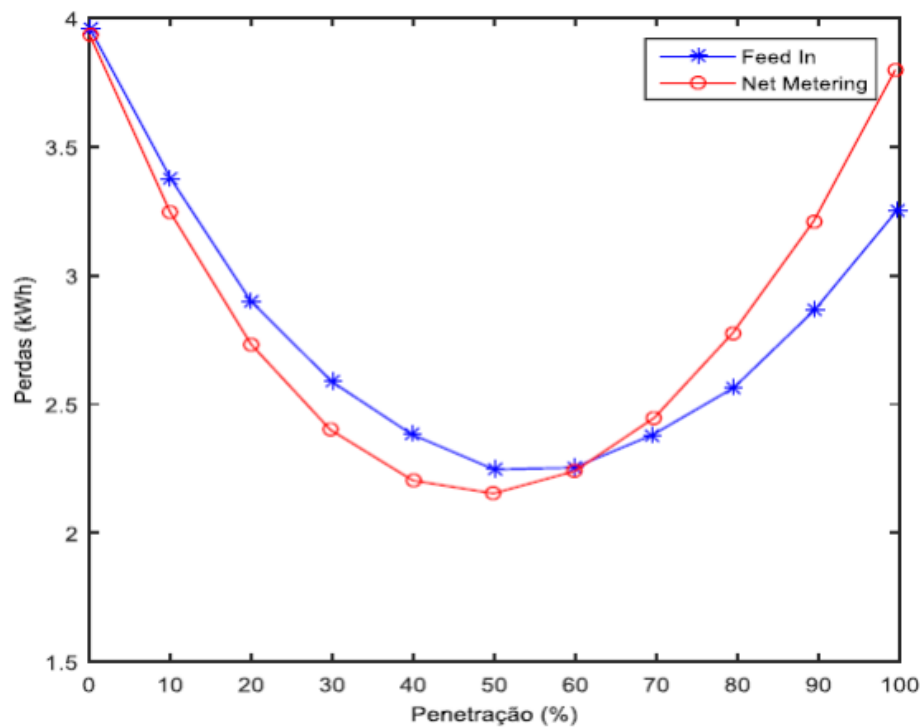
Quando a geração distribuída excede a demanda local, pode ocorrer uma injeção excessiva de energia na rede, levando a uma sobretensão e a interrupção súbita da geração distribuída pode resultar em um rápido aumento de tensão na rede elétrica para Vicente (2021).

Passey *et al.* (2011) demonstra que as operações de chaveamento de dispositivos de geração distribuída, como inversores, podem causar transientes de tensão que resultam em sobretensões. A sobretensão pode danificar equipamentos eletrônicos e eletrodomésticos conectados à rede elétrica, levando a falhas e necessidade de substituição.

4.2.1 Perdas técnicas

Vieira (2016) levanta que atualmente tem se mostrado uma variação no nível de perdas de acordo com o nível de inserção e de como estão distribuídas as unidades geradoras e, que a partir de determinado ponto, as perdas param de diminuir, crescendo em direção ao valor original, como pode ser observado na Figura 4, de gráfico feito pelo Grupo Energisa (2019) sobre as perdas diárias do alimentador simplificado em função da penetração.

Figura 4 - Perdas diárias do alimentador simplificado



Fonte: ANEEL/Energisa (2019)

Brito (2017) aponta relatório da Aneel 2021 que mostra que a metodologia de cálculo da receita da concessionária de distribuição repassa para a tarifa um percentual regulatório de perdas técnicas. Portanto, a possível redução desse valor seria uma vantagem para a distribuidora, já que as perdas reais seriam menores que as regulatórias. Entretanto, caso o sistema venha a ter perdas maiores que as regulatórias, a distribuidora teria um desembolso, ao invés de um ganho.

4.2.2 Demanda máxima

Brito (2017) expõe que no uso da geração distribuída, a energia é gerada próxima ao centro de consumo, podendo diminuir a demanda máxima do sistema. No caso de consumidores comerciais, cuja curva de carga típica se aproxima do comportamento da curva de irradiação solar, pode-se postergar investimentos de melhoria na rede. Nessa situação, o consumo perto de meio-dia, quando se obtém a irradiação máxima na região, é maior que nos horários sem irradiação.

Na situação contrária, quando não há compatibilidade entre consumo e geração, a rede é utilizada para escoar a produção podendo ter de suportar uma

demanda ainda maior da aquela verificada quando não há presença de geradores, conforme trazido por Vieira (2016).

4.2.3 Tensão

Shayani (2010) explica que em um sistema com geração centralizada, a tensão tende a ser mais alta perto do gerador e mais baixa perto da carga, sofrendo queda ao longo do sistema de transmissão e distribuição pela distância do consumidor ao centro de carga, fazendo com que durante esse percurso, a tensão sobre perdas elétricas, devido à resistência dos cabos. Com isso a tensão decai para consumidores conectados em pontos mais distantes da subestação. Hoje para resolver esse tipo de problema utilizam-se reguladores de tensão para que a tensão seja mantida em um nível adequado.

Brito (2017) salienta que um sistema com GDFV instalada supre a potência exigida pela carga localmente, diminuindo a queda de tensão.

Taranto *et al.* (2017) expõe que em casos nos quais a tensão local é baixa, a inserção de GDFV pode beneficiar a rede aumentando o nível de tensão. Entretanto, se a tensão do ponto de conexão já for suficientemente alta, pode haver sobretensões causadas pela GDFV, exigindo a instalação de equipamentos de controle de tensão.

4.3 Impactos Financeiros

O setor de distribuição é a parte da infraestrutura do setor elétrico responsável pela entrega da energia aos consumidores finais, conforme escritos da ANEEL (2022). As empresas de distribuição são responsáveis pelo atendimento da demanda dos consumidores dentro de áreas definidas e limitadas pelo órgão regulador nacional. Em outros termos, cabe ao estado, através da ANEEL, garantir a qualidade da prestação do serviço através da regulação e da fiscalização das atividades das empresas de distribuição de energia elétrica.

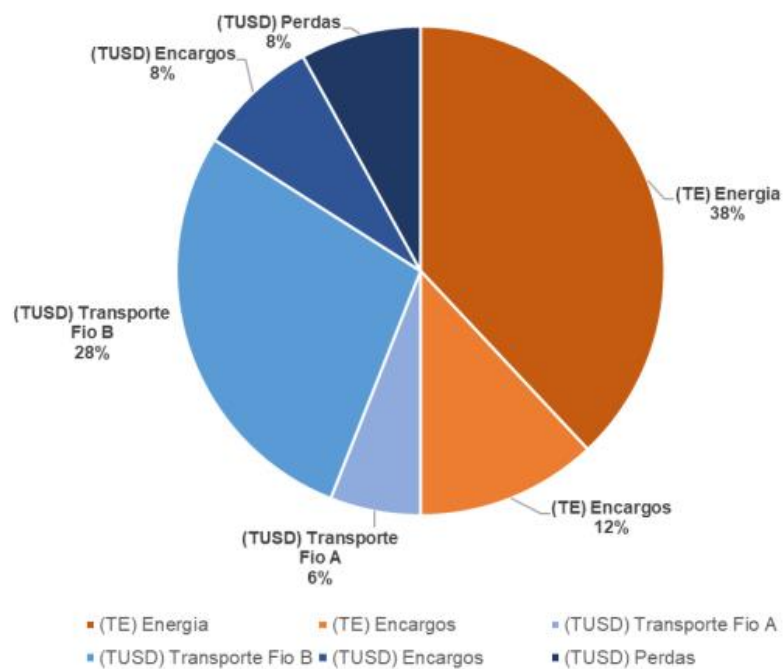
Desse modo, Guimarães (2020) aponta que um dos papéis da ANEEL, como órgão regulador, é o de definir de forma equilibrada tarifas que remunerem o serviço de distribuição de forma adequada refletindo preços justos para os consumidores, além de garantir a adequada rentabilidade das empresas de distribuição, garantindo

qualidade e segurança do abastecimento e criar incentivos para um aumento de eficiência na prestação do serviço.

Ainda para Guimarães (2020) o que permite as empresas de distribuição operar em níveis eficientes e obter uma remuneração adequada sobre o capital investido é a receita requerida. Essa receita é calculada pela ANEEL ao analisar a estrutura de custos da concessionária de distribuição durante o processo de Revisão Tarifária Periódica (RTP)

A Figura 5 mostra dados da ANEEL de 2018 sobre a composição da tarifa de distribuição, trazidos por Guimarães (2020).

Figura 5 – Composição da Tarifa de Distribuição



Fonte: Guimarães (2020).

As componentes tarifárias apresentadas pelo gráfico da Figura 5 são divididas em duas grandes parcelas. A TUSD (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição) é composta pelos custos com prestação do serviço de distribuição, ou seja, disponibilização, manutenção e operação da infraestrutura do setor elétrico mais uma remuneração pela prestação do serviço. A TE (Tarifa de Energia) é composta pelos custos da energia elétrica – compra, transporte, perdas, encargos – a ser revendida para o consumidor final, conforme Lopes (2021).

Em vista disso, Lopes (2021) explica que em média a cada quatro anos nas Revisões Tarifárias Periódicas (RTP) a ANEEL determina uma nova receita com o objetivo de redefinir as tarifas de energia elétrica em níveis compatíveis com o equilíbrio econômico-financeiro das distribuidoras. Nessas revisões, a ANEEL poderá decidir por aumentar, manter ou reduzir o valor da tarifa de energia.

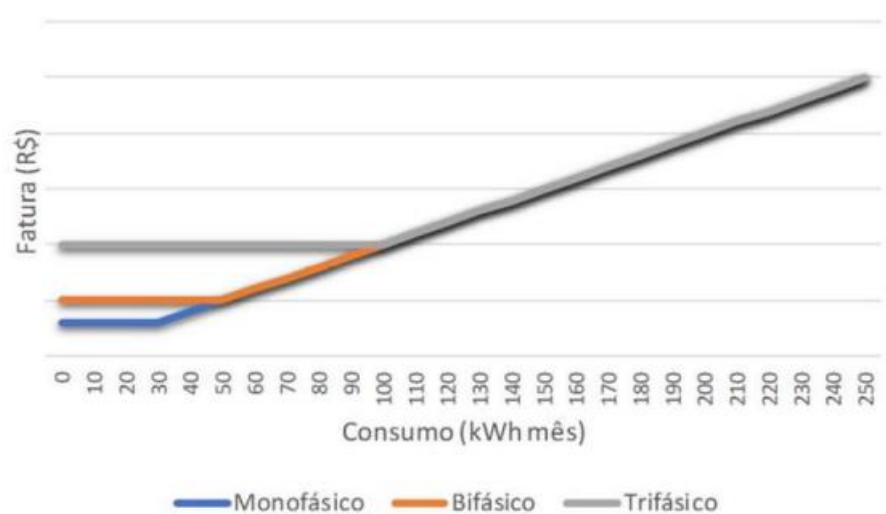
Esse reajuste é de extrema importância, pois representa o mecanismo utilizado pelo órgão regulador para reestabelecer o poder de compra da concessionária de distribuição. É através desse mecanismo que são repassados à tarifa, por exemplo, os custos decorrentes da redução de mercado das distribuidoras resultante do crescimento da geração distribuída.

Guimarães (2020, p. 46) levanta que atualmente no Brasil, a fatura de energia é cobrada através do consumo de cada cliente, e um parcela fixa, que depende do tipo de ligação (monofásica, bifásica ou trifásica). Assim:

Dos clientes com conexões monofásicas são cobrados o valor referente a uma quantidade de energia consumida equivalente a 30kWh, para clientes com conexão bifásica é cobrado o valor equivalente a um consumo de 50kWh e para clientes com conexão trifásica é cobrado o valor referente a um consumo de 100kWh. (GUIMARÃES, 2020, p. 46).

Desse modo, Guimarães (2020) versa que há uma relação quase linear entre a quantidade de energia consumida e o valor da fatura, ilustrado na Figura 6, que o autor retirou de dados da ANEEL do ano de 2018.

Figura 6 - Modelo Tarifário Brasileiro Aplicado a Consumidores de Baixa Tensão



Fonte: Guimarães (2020)

Em 2012, por meio da REN 482/2012, a ANEEL (2012) regulamenta a geração distribuída permitindo que indivíduos e entidades jurídicas gerem a sua própria eletricidade por meio de um sistema de compensação que permite que o consumidor consuma a sua própria energia, mas também possa exportar o excedente para a rede de distribuição da concessionária, fazendo com que ela seja abatida de sua fatura de energia elétrica. Caso a geração do indivíduo seja superior ao seu consumo, o excedente servirá como crédito para ser consumido futuramente. A geração da própria eletricidade por parte do consumidor vai fazer com que ele diminua o seu custo de energia, entretanto ainda é necessário que ele arque com os custos de disponibilidade da rede, em casos de clientes atendidos em baixa tensão, ou em demanda contratada, atendidos por alta tensão.

4.3.1 Componentes da tarifa de energia elétrica

A tarifa de energia elétrica é dividida em três componentes, são eles:

- **Parcela A** – Índice de Reajuste Tarifário Econômico é responsável por agregar os custos não gerenciáveis pela distribuidora, ou seja, custos de compra de energia, de conexão e uso das instalações de transmissão e distribuição (conexão com outros agentes), encargos setoriais e receitas irrecuperáveis, conforme Guimarães (2020).
- **Parcela B** – é constituída pelos custos sob os quais a distribuidora tem gestão, ou seja, aqueles inerentes à atividade de distribuição de energia elétrica. Nesta Parcela são considerados os gastos com administração, operação e manutenção, além do custo de capital. Os gastos de administração, operação e manutenção consideram as despesas com pessoal, materiais, serviços terceirizados, tributos e seguros. Eles são determinados de acordo com um método comparativo em relação a um padrão regulatório, de acordo, ainda, com Guimarães (2020).
- **Componentes Financeiros** – A ANEEL (2017) versa que os componentes financeiros são montantes financeiros (R\$) apurados pela ANEEL a cada período tarifário, acrescentados ou subtraídos da receita anual definida no processo tarifário ordinário.

De acordo com Nota Técnica da ANEEL (2016), A Parcela A e a Parcela B compõem a receita da distribuidora. Com base na receita da distribuidora, determina-

se o IRT_{eco} , que representa a variação da receita da concessionária. Nessa nota a ANEEL (2016, p. 4) diz que “a receita requerida (RR) reflete os custos operacionais eficientes e a remuneração adequada dos investimentos necessários para a prestação dos serviços de distribuição de energia elétrica.”

A receita verificada (RAO) é calculada como sendo a receita obtida pela distribuidora considerando-se o mercado faturado pela mesma no período de 12 meses anteriores ao reajuste, consoante normativa da ANEEL (2016). Logo, corresponde a quanto os consumidores de cada classe e demais usuários do sistema de distribuição consumiram multiplicado pelas suas respectivas tarifas. É importante notar que o IRT_{eco} representa a variação da receita da concessionária de distribuição em relação ao reajuste ou revisão anterior, e não necessariamente o aumento tarifário observado pelo consumidor

Dentre os parâmetros citados, nota-se que as perdas são integrantes da Parcela A da receita da distribuidora, visto que elas alteram o montante de energia requerida. No cálculo tarifário, são consideradas perdas técnicas e não técnicas de distribuição e perdas de transmissão, aponta Guimarães (2020).

De acordo com Lopes (2021), a partir da alocação de painéis fotovoltaicos, espera-se uma mudança nas perdas técnicas no sistema da distribuidora. Também se presume uma variação nas perdas da Rede Básica devido a menor quantidade de energia necessária para atender os mercados das distribuidoras.

No caso da tensão, a ANEEL (2017) determina uma margem adequada para a tensão do sistema de distribuição. Quando essa margem é ultrapassada, a distribuidora deve compensar os consumidores submetidos a violação de tensão enquanto os indicadores não estiverem no patamar adequado. Portanto, o parâmetro tensão, apesar de afetar a receita da distribuidora, não influencia diretamente o cálculo tarifário, pois a compensação é adicionada a fatura enquanto a violação de tensão persistir, afetando diretamente os resultados financeiros da distribuidora.

Avaliando hipoteticamente se todos os clientes de baixa tensão da área de concessão de uma distribuidora tenham um consumo regular de 100kWh e, através da regulação, uma tarifa foi estipulada de modo a permitir que a distribuidora consiga arcar com todos os seus custos. Caso os clientes dessa distribuidora decidam reduzir o consumo de energia pela metade, tem-se o seguinte cenário:

- 1) os custos da parcela TE (composta pelos custos da energia elétrica – compra, transporte, perdas, encargos) referente ao custo de energia irão reduzir junto com a redução no consumo, não alterando o equilíbrio financeiro da distribuidora;
- 2) os custos da TUSD (manutenção e operação da infraestrutura do setor elétrico), no entanto, por possuírem uma natureza fixa ou por terem apenas uma correlação parcial com o consumo de energia, poderão permanecer estáticos ou apresentar uma redução desproporcional à redução do consumo.

Nesse caso, percebe-se que a tarifa paga pelos consumidores irá diminuir a uma taxa proporcional já que tivemos uma redução do consumo de energia, porém os custos de atendimento desses consumidores terão uma redução inferior, levando à perda de receita pela distribuidora.

Com isso a longo prazo, para Bastos *et al.* (2022) a redução do consumo de energia resultará em um impacto econômico significativo em todos os consumidores. Isso ocorre, pois as variações nos custos que fogem à gestão das empresas de distribuição são reajustadas anualmente e repassadas aos consumidores através da tarifa.

Para Lopes (2021), outro fator importante a ser considerado é que em um primeiro momento, o repasse dos custos acarreta uma diminuição da fatura do consumidor, que reduz seu consumo, o que leva a perdas de receita para as distribuidoras. Em um segundo momento, no reajuste tarifário anual, é observado que a receita praticada pela distribuidora está abaixo da receita requerida estipulada na revisão tarifária. A tarifa então deverá ser elevada para reestabelecer o equilíbrio econômico-financeiro da distribuidora. Na prática, a redução de consumo de um grupo de consumidores gera um aumento nas tarifas. Isso porque há um repasse do efeito da redução de consumo e conseqüentemente do aumento do custo unitário para todos os consumidores.

Lopes (2021) diz que o fator “montante de energia” é a potência instalada da planta multiplicada pela produtividade média do tipo de fonte geradora e da região da instalação. Já o fator “tarifa” é 100% da parcela da TUSD, com diferenciação para cada período e cada concessionária ou permissionária. Algebricamente tem-se de acordo com a equação 1:

$$RECEITA_{D,T} = \sum (POTÊNCIA_{D,F,T} \times PRODUTIVIDADE_{F,L} \times TARIFA_{D,G,T})$$

Onde:

$RECEITA_{D,T}$ = Receita Compensada pela GD da distribuidora “D” no período “T”;

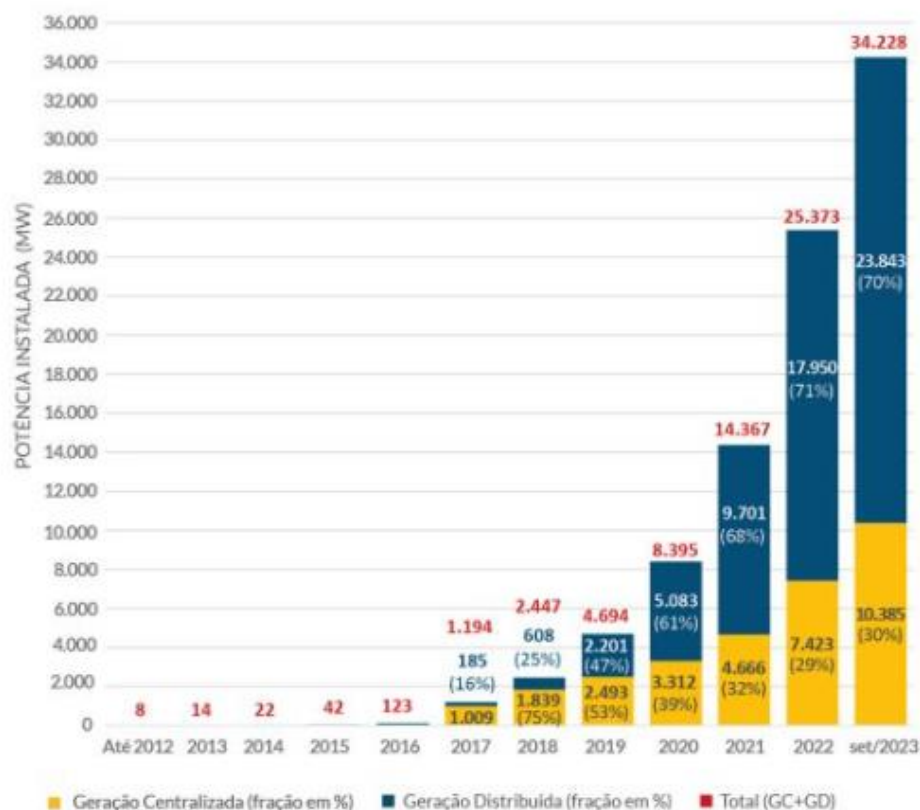
$POTÊNCIA_{D,F,T}$ = Potência de determinada fonte geradora “F”, no período “T” na área de concessão da distribuidora “D”;

$PRODUTIVIDADE_{F,L}$ = Fator de conversão de potência instalada em energia gerada instalado na região “L” e tipo de fonte geradora “F”;

$TARIFA (R\$/MW)$ = TUSD cobrado pela distribuidora “D”, para o grupo tarifário “G” no período “T”.

A Potência Instalada é um dos principais indicadores da evolução da MMGD. No Brasil, de acordo com a ABSOLAR (2023), a potência instalada passou de 185MW em 2017 para mais de 23GW até setembro/2023, conforme Figura 7.

Figura 7 – Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil.



Fonte: ABSOLAR (2023)

Um dos fatores que motivou esse aumento, segundo Relatório de Análise de Impacto Regulatório da ANEEL de 2019 trazido por Lopes (2021), foi a REN 687 que

elevou a potência instalada limite nos casos de minigeração distribuída de 1MW para 5MW adicionando a possibilidade de compensação em múltiplas unidades consumidoras e incluiu o modelo de geração compartilhada (consórcios ou cooperativas). Para Wright *et al.* (2009) “novas tecnologias mais acessíveis em termos de conhecimento e redução de preços também tiveram papel fundamental na curva desse mercado” (*apud* LOPES, 2021, p. 17).

Lopes (2021, p. 22) também dispõe que a produtividade depende da vida útil das plantas, assim:

De acordo com a nota técnica da MMGD (EPE, 2021), onde está disponível o modelo de cálculo desta taxa, ainda são relevantes o tipo de fonte geradora e a idade da planta. Em outras palavras, é possível que um consumidor produtor com planta eólica tenha menor geração do que outro com planta hídrica mesmo com maior potência instalada, a depender da taxa de conversão da fonte e região (LOPES, 2021, p. 22).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para avaliar os impactos econômicos na rede elétrica, estão sendo analisados os parâmetros que sofrem alterações com a inserção da geração distribuída, tais como perdas, demanda máxima e tensão.

Segundo Lopes (2021), a ANEEL levantou dados no ano de 2021 de que as plantas fotovoltaicas representam mais de 95% da Potência Instalada de MGD do grupo B, assim sendo, como o Relatório de Análise de Impacto Regulatório publicado pela ANEEL em 2019, concentram projeções e análises somente nesta fonte, havendo tais dados sendo extraídos do relatório mensal de geração solar as ONS, de 2021.

O fator de produtividade é calculado pela conversão de potência instalada em energia gerada instalado na região do país, de acordo com a fonte geradora. Por simplificação, foram consideradas as taxas médias dos 12 anos de vida útil das plantas e, para fontes fotovoltaicas, utilizou-se a média dos fatores dos estados.

O Quadro 1 elaborado por Lopes (2021) apresenta o resumo da premissa de produtividades, mostrando o fato de conversão de produtividade por fonte geradora e região.

Quadro 1 - Fator de conversão de produtividade por fonte geradora e região

Fonte/ Região	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul	Centro Oeste
CGH	0.32	0.53	0.49	0.55	0.49
EOL	0.47	0.28	0.28	0.40	0.28
UFV	0.22	0.22	0.45	0.45	0.45
UTE	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70

Fonte: LOPES (2021)

Para que fosse possível encontrar uma estimativa para um valor de perda na receita da distribuidora relativo à compensação da TUSD dos consumidores que passaram a fazer parte do sistema MMGD no período de janeiro de 2016 até agosto de 2023, foi utilizado como ponto de partida a simplificação máxima do tema, assim, a receita é equivalente ao produto de um “valor de energia” por uma “tarifa”.

A energia gerada por um consumidor-produtos na modalidade de MMGD pode ser consumida na própria unidade geradora (autoconsumo) ou ser injetado na rede para compensação futura. Lopes (2021, p. 23) dispõe que:

As chamadas para consulta pública feitas pela Aneel sobre possíveis revisões das regras vigentes discutem as diferenças entre essas duas finalidades devido, principalmente, à possíveis ganhos de eficiência na rede de distribuição. No entanto, nas duas situações a distribuidora deixará de arrecadar a receita referente a essa energia gerada, a primeira por não ser transacionada na rede e a segunda por ser compensada em algum momento futuro. Desta forma, em consequência da análise conceitual, para o presente trabalho toda a energia gerada por uma fonte de micro ou minigeração é considerada equivalente a “energia compensada”. (LOPES, 2021, p. 23).

Como feito por Lopes (2021), para cálculo do componente “tarifa”, será considerado a tarifa total (TUSD+TE) do grupo B da modalidade convencional sem descontos, subsídios ou bandeira tarifária, que significa o valor pago de 1 KW/hora.

O Quadro 2 foi elaborado visando exemplificar a receita de uma distribuidora de energia elétrica no Brasil, para tal foram utilizados valores fictícios ao longo de uma série de anos, buscando encontrar a receita total ao final.

Quadro 2 – Dados simulados de uma fictícia distribuidora do sudeste do Brasil.

Ano	Quantidade de clientes ligados	Potência (kW)	Produtividade	Tarifa KW/h	Receita
2014	2	8,15	0,45	R\$ 0,60	R\$ 2.200,50
2015	6	16,84	0,45	R\$ 0,70	R\$ 5.304,60
2016	47	355,01	0,45	R\$ 0,70	R\$ 111.828,15
2017	132	1617,15	0,45	R\$ 0,70	R\$ 509.402,25
2018	442	5296,1	0,45	R\$ 0,70	R\$ 1.668.271,50
2019	1349	14961,27	0,45	R\$ 0,80	R\$ 5.386.057,20
2020	2034	22065,41	0,45	R\$ 0,80	R\$ 7.943.547,60
2021	4591	48499,12	0,45	R\$ 0,80	R\$ 17.459.683,20
2022	7598	66417,1	0,45	R\$ 0,90	R\$ 26.898.925,50
2023	4896	48056,26	0,45	R\$ 1,00	R\$ 21.625.317,00
Total Geral	21097	207292,41			R\$ 81.610.537,50

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Seguindo a metodologia apresentada, estimou-se em R\$ 81.610.537,50 a receita relativa à parcela da TUSD que deixou de ser arrecadada pela fictícia concessionária de distribuição de energia elétrica instalada na região sudeste do Brasil devido ao modelo de compensação de energia da Geração Distribuída dos consumidores produtores do grupo B no período de janeiro de 2014 até outubro de 2023. Observa-se um aumento significativo nos últimos 4 anos, com perda de aproximadamente 74 milhões de reais na receita da distribuidora.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo abordou os desafios da geração distribuída e seus impactos para as distribuidoras de energia elétrica e teve como objetivo verificar as implicações nas receitas das distribuidoras que a inserção da geração distribuída em sua rede pode causar, sendo usados para alcançar esse objetivo artigos científicos e outros materiais como figuras e infográficos disponíveis nos meios digitais, além de entendimentos da ANEEL.

O tema versado é de enorme importância para o Brasil, pois como demonstrado no estudo, o uso de energias renováveis é uma meta do governo e seu uso vem crescendo rapidamente, dessa forma é importante entender os impactos que essas causam as distribuidoras de energia, para que possa haver uma adaptação a esse novo mercado.

O estudo considerou que a Micro e a Minigeração Distribuída no Brasil possuem diversos benefícios, tais como a diversificação da matriz energética do país, a maior proximidade entre geração e consumo, possível redução de perdas técnicas. Da perspectiva do consumidor/produtos, a redução de tarifas e menor exposição a volatilidade de preço da energia (bandeira tarifária). Porém seu crescimento desenfreado pode acarretar grandes impactos financeiros as distribuidoras de energia elétrica, visto que existe implicações associadas à receita da TUSD na concessionária de energia, identificando como um dos possíveis problemas de faturamento estimado e análise da evolução ao longo dos anos.

Por fim, os resultados apresentados contribuem para um alerta sobre os riscos do aumento desenfreado da geração distribuída. Sem uma revisão na forma que as revisões tarifárias são realizadas, grandes impactos econômicos serão causados às distribuidoras de energia elétrica.

Para maiores conclusões sobre os efeitos totais do modelo de Compensação de Energia de GD são necessários estudos sobre demais efeitos de receita e, principalmente, sobre outros custos como ganhos de eficiência, nível de contratação, entre outros desafios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSOLAR. Energia solar é a 2ª maior fonte energética do país: Como ter em casa? **ABSOLAR**, 2023. Disponível em <<https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-e-a-2a-maior-fonte-energetica-do-pais-como-ter-em-casa/>>. Acesso em 20 ago. 2023.

_____. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil – **Infográfico ABSOLAR**, nº 61, 2023. Disponível em <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. Acesso em 20 ago. 2023.

Agência Nacional de Energia Elétrica. ANEEL. ANEEL regulamenta marco legal da Micro e Minigeração Distribuída. **Gov.br**, 2023. Disponível em <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/aneel-regulamenta-marco-legal-da-micro-e-minigeracao-distribuida>>. Acesso em 25 set. 2023.

_____. ANEEL. **Nota Técnica nº 104/ 2016 – SGT/ANEEL**, 2016. Disponível em <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/nreh20162066.pdf>>. Acesso em 25 ago. 2023.

_____. ANEEL. **Nota Técnica nº 169/2016-SGT/ ANEEL – QUARTA REVISÃO TARIFÁRIA PERIÓDICA**, 2016. Disponível em <https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/audiencias-publicas-antigas?p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_ideDocumento=27383&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_tipoFaseReuniao=fase&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_jsPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp>. Acesso em 30 out. 2023.

_____. ANEEL. **Nota Técnica nº 337/2017 – SGT/ANEEL**, 2017. Disponível em <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/nreh20172330.pdf>>. Acesso em 30 out. 2023.

_____. ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST**. 2017. Disponível em < Microsoft Word - Módulo8_Revisão_8_LIMPO.docx (aneel.gov.br)>. Acesso em 08 set. 2023.

_____. ANEEL. Procedimento de Regulação Tarifária – Submódulo 3.1 A PROCEDIMENTOS GERAIS, **Resolução Normativa nº 761/2017**, 2017. Disponível em <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2017761_Proret_Submod_3_1A_v1.pdf>. Acesso em 01 set. 2023.

_____. ANEEL. **Resolução Normativa nº 1.004**, de 8 de fevereiro de 2022. Disponível em < <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20221004.html>>. Acesso em 05 out. 2023.

_____. ANEEL. **Resolução Normativa nº 482**, de 17 de abril de 2012. Disponível em <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em 20 set. 2023.

BASTOS, Thayce Luan Souza; LOTERO Roberto Caetano; FIUZA, Evandro Lúcio; PINHEIRO Breno Carneiro; NEY Rafael Crochemore. Impacto da Geração Distribuída no Equilíbrio Econômico-Financeiro das Distribuidoras de Energia Elétrica. **IX Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos**. p. 2159-2166, 2022. Disponível em < View of Impacto da Geração Distribuída no Equilíbrio Econômico-Financeiro das Distribuidoras de Energia Elétrica (sba.org.br)>. Acesso em 08 set. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 5.163** de 30 de julho de 2004. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, DF, 2004. Disponível em < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.HTM>. Acesso em 18 dez. 2023.

BRITO, Leticia Maria Amaral. **Impacto da Geração Distribuída na Receita da Distribuidora e na Tarifa de Energia Elétrica**. 2017. 102 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Elétrica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/28713/1/2017_LeticiaMariaAmaralBrito_tcc.pdf>. Acesso em 05 out. 2023.

CARVALHO, Joaquim Francisco de. Energia e sociedade. **ESTUDOS AVANÇADOS** 28 (82), 2014. p. 25-39. Disponível em < <https://www.scielo.br/j/ea/a/GYqnmvDvtGtr8N5zdsYdj5j/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 01 ago. 2023.

FONSÊCA, Thales Queiroz. **Aumento da Eficiência do Controle do Fluxo de Potência de Sistemas de Geração Distribuída Utilizando Impedância Virtual Implementada por Controle de Estrutura Variável**. 2018. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Disponível em <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/25946/1/Aumentoeffici%c3%aanciacontrol_Fonseca_2018.pdf>. Acesso em 30 set. 2023.

FRAUNHOFER INSTITUTE FOR SOLAR ENERGY SYSTEMS. **World Record Solar Cell with 44.7% Efficiency**. Freiburg, 2013. Disponível em <

<https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-media/press-releases/2013/world-record-solar-cell-with-44-7-efficiency.html>>. Acesso em 05 set. 2023.

GIANELLONI, Francisco; DANTAS, Guilherme de Azevedo; CASTRO, Nivalde de; SILVA, Patrícia Pereira da. **THE DISTRIBUTED ELECTRICITY GENERATION DIFFUSION IMPACT ON THE BRAZILIAN DISTRIBUTION UTILITIES. 3rd International Conference on Energy and Environment: bringing together Engineering and Economics**, Porto, Portugal, 2017. Disponível em <https://agora.ie.ufrj.br/pdf/Nivalde_de_Castro/21.The_Distributed_Electricity_Generation_Artigo_Porto_2017.pdf>. Acesso em 25 ago. 2023.

GRUPO ENERGISA. **CONTRIBUIÇÃO AO PROCESSO DE AUDIÊNCIA PÚBLICA nº 001/2019 – Análise de Impacto Regulatório – AIR sobre o aprimoramento das regras aplicáveis à micro e minigeração distribuída (Resolução nº 482/12). ANEEL**, 2019. Disponível em <https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/audiencias-publicas-antigas?p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_ideDocumento=32517&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_tipoFaseReuniao=fase&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_jsPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp>. Acesso em 05 out. 2023.

GUIMARÃES, Rodrigo Domingos. **A Geração Distribuída no Brasil e seus Impactos sobre o Setor de Distribuição**. 2020, 66 f. Monografia (Bacharelado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em <<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/14801/1/RDGuimar%C3%A3es.pdf>>. Acesso em 10 out. 2023.

JANUZZI, Antônio Cezar. **REGULAÇÃO DA QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA SOB O FOCO DO CONSUMIDOR**. 2007. 234 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Sistemas Elétricos de Potência) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Disponível em <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2712/1/Dissert_Antonio%20Jannuzzi.pdf>. Acesso em 01 ago. 2023.

KOZELINSKI, Guilherme Carvalho. **POLÍTICAS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA NO MUNDO**. 2021. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021. Disponível em <<politicasgeracaodistribuida.pdf> (utfpr.edu.br)>. Acesso em 15 ago. 2023.

LEWANDOWSKI, Daniel Goulart. **ANÁLISE DO IMPACTO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO**. 2023. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenheiro Eletricista) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2023. Disponível em <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/28818/Lewandowski_Goulart_Daniel_2023_TCC.pdf?sequence=1>. Acesso em 01 set. 2023.

LOPES, Débora Oliveira. **ESTIMAÇÃO DO IMPACTO DE RECEITA DE TUSD DAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA DEVIDO A COMPENSAÇÃO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA**. 2021. 54 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Insper, São Paulo, 2021. Disponível em <<https://repositorio.insper.edu.br/bitstream/11224/5980/1/D%C3%A9bora%20Oliveira%20Lopes-%20Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em 25 out. 2023.

LOPES, Juarez Rubens Brandão. **Desenvolvimento e mudança social: formação da sociedade urbano-industrial no Brasil**. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2008, 233 p. Disponível em <<https://static.scielo.org/scielobooks/df6bv/pdf/lopes-9788599662823.pdf>>. Acesso em 01 ago. 2023.

MARTINHO, Edson. **Distúrbios da Energia Elétrica**. Editora Saraiva Educação S.A, 2009.

NUNES, Evandro Ailson de Freitas. **Análise de Impactos na Rede de Distribuição de Energia Elétrica Decorrentes da Inserção de Sistemas de Geração Fotovoltaicos**. 2017. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

PASSEY, Robert J; SPOONER, Ted; MACGILL, Iain; WATT, Muriel Emmeline; SYNGELLAKIS, Katerina. The potential impacts of grid-connected distributed generation and how to address them: A review of technical and non-technical factors. **ResearchGate**, 2011. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/227415382_The_potential_impacts_of_grid-connected_distributed_generation_and_how_to_address_them_A_review_of_technical_and_non-technical_factors>. Acesso em 01 out. 2023.

SANTOS, Miquéias. A hidrelétrica domina a geração de energia no Brasil até 2030. **Udop**, 2021. Disponível em <<https://www.udop.com.br/noticia/2021/09/09/a-hidreletrica-domina-a-geracao-de-energia-no-brasil-ate-2030.html>>. Acesso em 01 ago. 2023.

SHAYANI, Rafael Amaral. **Método para Determinação do Limite de Penetração da Geração Distribuída Fotovoltaica em Redes Radiais de Distribuição**. 2010. 161 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) — Universidade de Brasília, 2010. Disponível em <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/7117/1/2010_RafaelAmaralShayani.pdf>. Acesso em 15 set. 2023.

SIMABUKULO, Lucas Antonio Nizuma; CORREA Luiz Filipe da Silva; SANTOS, Manoel Messias Oliveira dos; MARTINS Mariana. **ENERGIA, INDUSTRIALIZAÇÃO E MODERNIDADE – HISTÓRIA SOCIAL**. USP, 2023. Disponível em <<https://eletromemoria.fflch.usp.br/sites/eletromemoria.fflch.usp.br/files/03.pdf>>. Acesso em 20 ago. 2023.

TARANTO, Glauco Nery; FALCÃO, Djalma Mosqueira; RÊGO, Leander de Oliveira; CASSERES, Eduardo Miranda M. D. **Texto de Discussão do Setor Elétrico nº 73 – Impactos da Difusão da Micro e da Mini Geração no Planejamento, na Operação e na Manutenção do Sistema de Distribuição**. GESEL – Grupo de Estudos do Setor Elétrico UFRJ, 2017. Disponível em <https://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/17_tdse_73.pdf>. Acesso em 25 ago. 2023.

VICENTE, Ivangelo. **ANÁLISE DOS PROBLEMAS DE TENSÃO DECORRENTES DA ALTA PENETRAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**. 2021. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Engenheiro Eletricista) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2021. Disponível em <https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/2349/Ivangelo%20Vicente_TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 01 out. 2023.

VIEIRA, Daniel. **MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DO TIPO DE INCENTIVO REGULATÓRIO À GERAÇÃO DISTRIBUÍDA SOLAR FOTOVOLTAICA QUE POTENCIALIZA SEUS BENEFÍCIOS TÉCNICOS NA REDE**. 2016. 198 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/22484/1/2016_DanielVieira.pdf>. Acesso em 30 set. 2023.