

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU – FEB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

LUIS FERNANDO DE SOUZA

**OS IMPACTOS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO CUSTO
OPERACIONAL DAS CONCESSIONÁRIAS DE DISTRIBUIÇÃO**

BAURU

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU – FEB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

LUIS FERNANDO DE SOUZA

**OS IMPACTOS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO CUSTO
OPERACIONAL DAS CONCESSIONÁRIAS DE DISTRIBUIÇÃO**

Dissertação apresentada como requisito à obtenção do título de mestre em Engenharia Elétrica, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, da Faculdade de Engenharia de Bauru, da Universidade Estadual Paulista.

Linha de Pesquisa: Sistemas de Energia

Orientador: Prof. Dr. André Nunes de Souza

BAURU

2022

S729i

Souza, Luis Fernando de

Os impactos da geração distribuída no custo operacional das concessionárias de distribuição / Luis Fernando de Souza. -- Bauru, 2022

64 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Engenharia, Bauru

Orientador: André Nunes de Souza

1. Geração Distribuída. 2. Marco Regulatório. 3. Prosumidor. 4. Revisão
Tarifária. 5. Custos Operacionais. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Engenharia,
Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado de LUIS FERNANDO DE SOUZA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 14 dias do mês de setembro do ano de 2022, às 14:30 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE Mestrado de LUIS FERNANDO DE SOUZA, intitulada

OS IMPACTOS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO CUSTO OPERACIONAL DAS CONCESSIONÁRIAS DE DISTRIBUIÇÃO. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes

membros: Prof. Dr. ANDRE NUNES DE SOUZA (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Engenharia Eletrica / Faculdade de Engenharia de Bauru UNESP, Prof. Dr. SHIGEAKI LEITE DE LIMA (Participação Virtual) do(a) Engenharia da Computação / Universidade Federal do Maranhão, Prof. Dr. HAROLDO LUIZ MORETTI DO AMARAL (Participação Virtual) do(a) Departamento de Tecnologia em Sistemas Biomédicos / Faculdade de Tecnologia - FATEC Bauru.

Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: **APROVADO**

_____. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. ANDRE NUNES DE SOUZA 

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, nosso pai, que sempre iluminou o meu caminho.

A minha querida esposa Renata e meu adorado filho Arthur, pelo companheirismo, acreditando e incentivando-me a transpor as barreiras que surgem.

Ao meu orientador Prof. Dr. André Nunes de Souza pela oportunidade, confiança, paciência e profissionalismo durante a orientação deste trabalho.

Aos companheiros de pesquisa Fábio, Gustavo, André, Ygor, Danilo e demais colegas do laboratório LSISPOTI, pela amizade, parceria e disposição em ajudar sempre que necessário.

A todos os amigos e familiares que sempre torceram pelo meu sucesso profissional e desenvolvimento a minha carreira.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da FEB Faculdade de Engenharia de Bauru, que direta ou indiretamente contribuiu com a realização deste trabalho e proporciona o desenvolvimento de muitos pesquisadores.

“Me contaram e eu esqueci. Vi e entendi. Fiz e aprendi.”
(Confúcio)

RESUMO

Sob o caminho do desenvolvimento global de baixo carbono, aumentar a proporção de energia renovável na rede elétrica se tornará o principal objetivo no futuro. Mundialmente, busca-se viabilizar a inserção de fontes renováveis na matriz energética com o objetivo de diminuir a emissão de gases poluentes a atmosfera e aumentar a capacidade de geração de energia elétrica, principalmente, após a crise mundial do petróleo na década de 1970. Destaca-se a preocupação mundial dos governos em fomentar políticas públicas de regulação para incluir o uso de tecnologias menos poluidoras na matriz energética e promover a economia. No Brasil, a geração distribuída - GD com o objetivo da sustentabilidade, energia limpa e redução de custos com o uso da energia elétrica nas diversas atividades, residenciais, comerciais, rurais e indústria, aumentou exponencialmente e impulsiona cada vez mais os consumidores no Brasil aderir a instalação de sistemas *on-grid* nas modalidades de micro ou minigeração distribuída - MMGD conectados à rede de distribuição. Nessa dissertação realizou-se um estudo da escala do tempo desde o primeiro marco regulatório que permite a inserção do prosumidor no sistema elétrico nas modalidades de micro e minigeração. Estudou-se o caso de uma planta solar *on-grid* residencial abordando aspectos técnicos de dimensionamento e financeiros de retorno do investimento pelo sistema *net metering* de compensação da energia gerada. Os resultados da análise dessa inserção exponencial na matriz energética apontam para um dos possíveis impactos relacionados aos custos operacionais das concessionárias de distribuição para adequar as equipes de campo à prestação de serviços envolvendo a geração distribuída, sendo necessário a previsão destes custos na regulamentação que determina a tarifa de energia e revisões tarifárias. A análise apresentada nessa dissertação evidencia a necessidade de ajustes na legislação para reequilibrar estes custos em função das novas tecnologias associadas a rede de distribuição.

Palavras-chave: Marco regulatório, prosumidor, geração distribuída, micro e minigeração distribuída, revisão tarifária e custos operacionais.

ABSTRACT

Under the path of global low carbon development, increasing the proportion of renewable energy in the electricity grid will become the main objective in the future. Worldwide, efforts are being made to introduce renewable sources into the energy matrix with the aim of reducing the emission of polluting gases into the atmosphere and increasing the capacity to generate electricity, especially after the world oil crisis in the 1970s. There is a worldwide concern of governments to promote public regulatory policies to include the use of less polluting technologies in the energy matrix and promote the economy. In Brazil, distributed generation - DG with the objective of sustainability, clean energy and cost reduction with the use of electric energy in the various activities, residential, commercial, rural and industry, has increased exponentially and increasingly drives consumers in Brazil to join the installation of on-grid systems in the modalities of microgeneration or distributed minigeneration - MMGD connected to the distribution network. In this dissertation, a study of the time scale was carried out since the first regulatory framework that allows the insertion of the prosumer in the electric system in the modalities of micro and minigeneration. The case of a residential on-grid solar plant was studied, addressing technical aspects of dimensioning and financial return on investment by the net metering system to compensate for the generated energy. The results of the analysis of this exponential insertion in the energy matrix point to one of the possible impacts related to the Operating Costs of Distribution Concessionaires to adapt field teams to the provision of services involving distributed generation, being necessary the forecast of these costs in the regulation that determines the energy tariff and its tariff revisions. The analysis presented in this dissertation highlights the need for adjustments in the legislation to rebalance these costs due to the new technologies associated with the distribution network.

Keywords: Regulation mark, prosumer, distributed generation, micro and mini distributed generation, tariff review and operating costs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz de energia elétrica no Brasil por tipo de fonte	19
Figura 2 - Novo arranjo do setor elétrico	22
Figura 3- Quantidade anual de conexões de MMGD no Brasil em SFV	23
Figura 4- Número de conexões em MMGD por classe de consumo.....	24
Figura 5- Potência instalada em MMGD por classe de consumo.....	24
Figura 6– Requisitos de conexão da MMGD	25
Figura 7- Instalação fotovoltaica com medidor bidirecional.....	29
Figura 8 – Gráfico de consumo em 2019	31
Figura 9- Projeção entre energia consumida e energia gerada	32
Figura 10- Custos do sistema solar fotovoltaico	35
Figura 11- Monitoramento da geração solar fotovoltaica - aplicativo PHB	36
Figura 12- Balanço energético.....	37
Figura 13- Fluxo do processo junto a distribuidora de energia elétrica, etapas e prazos	41
Figura 14 -As novas etapas e prazos de solicitação de acesso a MMGD.....	43
Figura 15- Linha do tempo das principais mudanças na GD e MMGD entre 2012 e 2022	45
Figura 16 - Valor final da energia elétrica.....	47
Figura 17- Gangorra tarifária.....	48
Figura 18- Agentes envolvidos na inserção da MMGD	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites padronizados de tensão	26
Tabela 2 - Tensão de conexão versus potência de geração	26
Tabela 3 – Proteções mínimas necessárias até 100 kW.....	27
Tabela 4 - Histórico do perfil de consumo em 2019	30
Tabela 5 - Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]	31
Tabela 6 - Composição do Kit solar fotovoltaico.....	33
Tabela 7 – Composição dos documentos de projeto apresentados a concessionária ESS	34
Tabela 8 - Fluxo de caixa do investimento no período.....	38
Tabela 9 - Fluxo de caixa projetado em 5 anos	38
Tabela 10 - Indicadores financeiros.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIR	Análise de Impacto Regulatório
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
CA	Corrente Alternada
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i>
CC	Corrente Contínua
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
DOU	Diário Oficial da União
DSV	Dispositivo de Seccionamento Visível
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ER	Empresa de Referência
FP	Fator de Potência
GD	Geração Distribuída
GDFV	Geração Distribuída Solar Fotovoltaica
GTD	Geração Transmissão e Distribuição
GW	Gigawatt
HZ	Hertz
IGPM	Índice Geral de Preços de Mercado
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency</i>
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
MME	Ministério de Minas e Energia
MMGD	Micro e Minigeração Distribuída
MW	Megawatt
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
OPEX	<i>Operational Expenditure</i>
PDE	Programa de Desenvolvimento
PIS	Programa de Integração Social
PROGD	Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia

PL	Projeto de Lei
PRODIST	Procedimentos da Distribuição
PV	<i>Photovoltaic</i>
RED	Recursos Energéticos Distribuídos
REN	Resolução Normativa
RTP	Revisão Tarifária Periódica
SCE	Sistema de Compensação de Energia
SFV	Solar fotovoltaico
TIR	Taxa Interna de Retorno
VPL	Valor Presente Líquido

GLOSSÁRIO

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

A ANEEL, criada em 1996 pela Lei nº 9.427, é uma autarquia em regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, e tem como missão proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade.

CAPEX

Capex, do inglês *capital expenditure*, é um termo que diz respeito às despesas ou investimentos em bens de capital de uma empresa. Aquisição de equipamentos por exemplo.

CUSTOS OPERACIONAIS

Custos que dependem essencialmente da eficácia da gestão empresarial das distribuidoras, como os gastos com pessoal, compra de materiais, pagamento de serviços de terceiros, outras despesas e remuneração. Também chamados de custos controláveis, são indexados a variação do Índice Geral de Preços de Mercado (IGPM) da Fundação Getúlio Vargas para cálculo do reajuste tarifário anual previsto nos contratos de concessão.

EMPRESA DE REFERÊNCIA

É um Modelo baseado na elaboração dos processos e atividades que devem ser realizados por uma distribuidora de energia elétrica para garantir que o serviço seja prestado de forma adequada, atendendo os requisitos legais e regulamentares.

FATOR X

Percentual a ser subtraído do Indicador de Variação da Inflação-IVI, quando da execução dos reajustes tarifários anuais entre revisões periódicas, com vistas a compartilhar com os consumidores os ganhos de produtividade estimados para o período.

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

É a geração de energia feita em pontos diversos, através de sistemas geradores que ficam próximos ou até mesmo na própria unidade consumidora (casas, empresas e indústrias) e que são ligados a rede elétrica pública.

MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras, conforme Resolução 687 da ANEEL.

MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75kW e menor ou igual a 5MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

NET METERING

O *Net metering* ou sistema de compensação de energia, surgiu como um sistema de incentivo às fontes de energia renovável. Esse sistema, permite que a energia excedente gerada pela unidade consumidora com micro e minigeração seja injetada na rede da distribuidora, a qual funcionará como uma bateria, armazenando esse excedente. Quando a energia injetada for maior que a consumida, o consumidor receberá um crédito em energia (kWh) a ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário (para consumidores com tarifa horária) ou na fatura dos meses subsequentes.

ON GRID

Um sistema *on grid* é um modelo de energia solar fotovoltaico ligado à rede elétrica. Como o nome sugere (“*on grid*”, em inglês, significa “na rede”), é ele que conecta o sistema gerador de energia solar à rede de distribuição. A partir daí, a unidade entrega o excedente energético que não foi utilizado por ela.

OPEX

OPEX é uma sigla derivada da expressão *Operational Expenditure*, que significa o capital utilizado para manter ou melhorar os bens físicos de uma empresa. Ou seja as despesas operacionais.

PAYBACK

Payback significa “retorno”. Trata-se de um indicador usado nas empresas para calcular o período de retorno de investimento em um projeto. Em palavras mais técnicas, é o tempo de

retorno desde o investimento inicial até aquele momento em que os rendimentos acumulados tornam-se iguais ao valor desse investimento. Dá ao gestor a estimativa de quanto tempo vai levar até que ele recupere sua aplicação inicial, meses ou anos.

PRODIST

A Resolução Normativa ANEEL nº 956/2021 estabelece os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – Prodist. Entrou em vigor em 1º de janeiro de 2022 e revogou as resoluções anteriores sobre o tema. Tais procedimentos normatizam e padronizam as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e ao desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica.

PROSSUMIDOR

Termo oficial em todo o Brasil devido às mudanças no setor energético. Prossumidor é um neologismo criado com a junção dos termos “produtor” e “consumidor”. Hoje em dia, a maior parte dos brasileiros é consumidor de energia. No entanto, com a criação da Resolução Normativa 482 da Aneel criou-se a possibilidade de implantação de sistemas de geração de energia elétrica conectadas a rede de distribuição por meio de sistemas eólicos, solares e de biomassa, tanto em plantas industriais, comerciais e residências.

REVISÃO TARIFÁRIA PERÍODICA

Revisão ordinária, prevista nos contratos de concessão, a ser realizada considerando-se as alterações na estrutura de custos e de mercado da concessionária, os níveis de tarifas observados em empresas similares, no contexto nacional e internacional, e os estímulos à eficiência e à modicidade tarifária;

SunData

O programa *SunData* destina-se ao cálculo da irradiação solar diária média mensal em qualquer ponto do território nacional e constitui-se em uma tentativa do CRESESB de oferecer uma ferramenta de apoio ao dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.

TAXA INTERNA DE RETORNO- TIR

É uma taxa de desconto hipotética, calculada a partir de uma projeção de fluxo de caixa (previsão de receitas geradas por um investimento ao longo de determinado período) quando

consideramos que seu Valor Presente Líquido (VPL) é igual a zero. Na prática, ela é usada por investidores para indicar se um projeto é viável ou não.

VALOR PRESENTE LÍQUIDO

É um método usado para avaliar se um projeto ou investimento é viável economicamente a partir do fluxo de caixa descontado, isto é, trazendo para o presente as entradas futuras. A lógica é simples: se, em vez de investir em determinado projeto ou ativo, o dinheiro fosse aplicado em um investimento seguro, de baixo risco, o que aconteceria? Se a rentabilidade projetada do investimento seguro for superior ao rendimento que está sendo avaliado, o resultado do VPL será menor que zero, caso em que não é recomendado seguir com o plano inicial. Mas se a perspectiva é que a rentabilidade do projeto supere a do investimento seguro, então ele é viável, pois o retorno compensará o risco.

Sumário

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	18
1.1 Relevância e Motivação	18
1.2 Justificativa	18
1.3 Objetivo	20
1.4 Estrutura da Dissertação	20
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1 Geração Distribuída.....	21
2.2 Energia Solar Fotovoltaica no Brasil.....	22
2.3 Requisitos para a Conexão de Geradores à Rede de Distribuição de Baixa de Tensão	25
CAPÍTULO 3 – ESTUDO DE CASO DE UMA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA RESIDENCIAL <i>ON GRID</i>.....	30
3.1 Levantamento de Dados	30
3.2 Definição da Capacidade do Sistema de Geração Solar Fotovoltaico	31
3.3 Especificação dos Materiais da Planta Solar Fotovoltaica	32
3.4 Projeto Elaborado para Concessionária Local e Posterior Aprovação, Execução, Vistoria e Homologação	33
3.5 Custos do Sistema Solar Fotovoltaico	35
3.6 Análise de Geração.....	35
3.7 Recuperação do Investimento no Período Analisado	37
CAPÍTULO 4 – POLÍTICAS PÚBLICAS E INCENTIVOS A EXPANSÃO DA MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL.....	40
4.1 Composição da Tarifa.....	46
4.2 Reajustes Tarifários Anual e Periódico	47
CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DOS IMPACTOS NO CUSTO OPERACIONAL.....	50
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO	54

6.1 Publicação Aprovada Sobre a Pesquisa.....	55
6.2 Trabalhos Futuros.....	56
REFERÊNCIAS.....	57
APÊNDICE A – Exemplo de formulário de solicitação de acesso até 10kW.....	60
APÊNDICE B – Exemplo de formulário de solicitação de acesso acima de 10kW.....	61
APÊNDICE C – Exemplo de formulário de compensação de crédito excedente	62
APÊNDICE D – Modelo de Padrão de entrada com placa de advertência (adaptado pelo autor)	63
APÊNDICE E – Diagrama unifilar solar fotovoltaica – inversor <i>on-grid</i> (elaborado pelo autor)	64

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 Relevância e Motivação

O Brasil tem-se destacado com o crescente uso da Geração Distribuída Solar Fotovoltaica (GDFV). Principalmente em função das mudanças climáticas e redução nos preços dessa tecnologia, a sua inserção está gerando propostas inovadoras e desafiadoras ao novo modelo do setor elétrico e as políticas públicas governamentais de incentivo a disseminação do seu uso. Os novos cenários no setor elétrico podem gerar possíveis impactos, nos custos das tarifas aos consumidores finais, alteração nos custos operacionais das distribuidoras, interferência na qualidade do serviço prestado e a insegurança nos investimentos financeiros. O conhecimento desses impactos gerados poderá fomentar ações mitigadoras para as ações governamentais, distribuidoras de energia e a cadeia produtiva da MMDG.

1.2 Justificativa

Com a crise mundial do petróleo em 1970 a sociedade mobilizou-se em busca de uma matriz elétrica limpa e sustentável. Investindo em tecnologias a partir de fontes renováveis de energia tais como: solar, eólica, hídrica, das marés (maremotriz), as ondas do mar (ondomotriz), geotérmica e a biomassa como combustível (EPE, 2020).

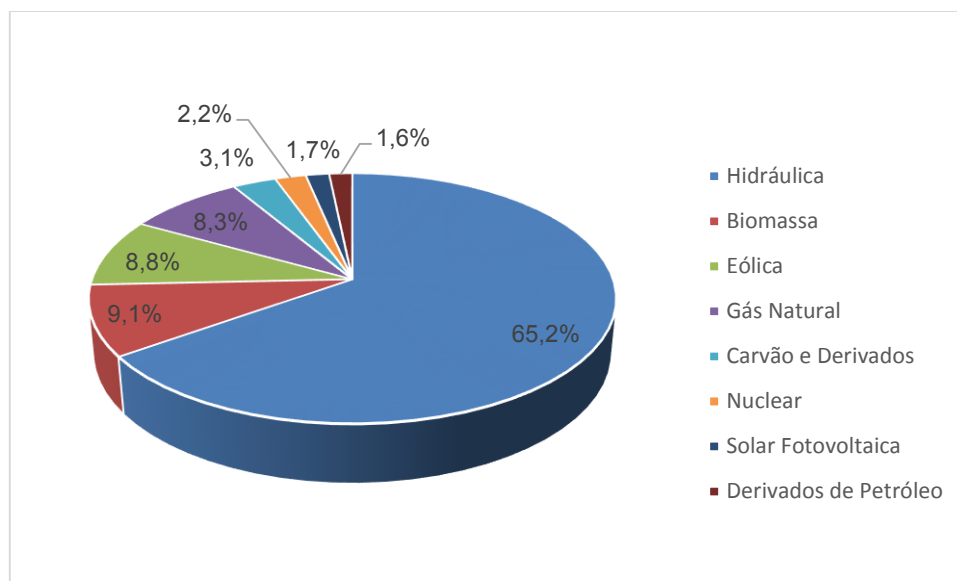
A geração solar e eólica em 2018 aumentou 28 e 11% respectivamente, juntas essas duas fontes de energia continuam a dominar o crescimento de fontes renováveis de geração, responsável por 73% do crescimento desde 2014 (EPE, 2021). Esse movimento também é impulsionado pela busca de uma matriz elétrica de baixo carbono, visto que a geração distribuída encontra na fonte solar fotovoltaica seu principal nicho de expansão (IRENA, 2020).

Buscando uma maior diversificação da matriz elétrica nacional e se comprometendo com as políticas e acordos do mercado internacional referente às questões de mudança climática, economia de baixo carbono e redução da emissão de gases de efeito estufa, o governo

nacional vem estimulando a geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis ditas alternativas, como a solar, eólica, biomassa e as pequenas centrais hidrelétricas (EPE, 2020).

O Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque para a fonte hídrica que responde por 65,2% da oferta interna. As fontes renováveis representam 84,76% da oferta interna de eletricidade no Brasil (EPE, 2021). Na Figura 1 é possível observar a matriz elétrica do Brasil por tipo de fonte.

Figura 1 - Matriz de energia elétrica no Brasil por tipo de fonte



Fonte: Adaptado de (BEN, 2021).

Neste contexto, diversos trabalhos vêm apresentando estudos dos impactos da inserção de GD no sistema elétrico, relacionados à qualidade, proteção, eficiência e custos nas tarifas.

Verificou-se que as informações divulgadas nos balancetes das distribuidoras de energia elétrica, relacionadas as despesas com os custos operacionais, não são discriminadas por tipo de serviço, mas de forma global. Portanto, nessa dissertação não conseguiu-se monetizar os novos serviços criados com a inserção da GD nas modalidades MMGD.

O objetivo dessa dissertação é investigar e apontar os possíveis impactos nos custos operacionais e investigar se a metodologia da revisão tarifária das distribuidoras considera a inserção da geração distribuída solar fotovoltaica.

1.3 Objetivo

O objetivo dessa dissertação consiste em analisar os impactos causados nos custos operacionais das distribuidoras com a inserção da MMGD, demonstrar um estudo de caso solar fotovoltaico residencial *on grid*. Estudar a legislação aplicada em GD na modalidade MMGD no Brasil, a composição tarifária aplicada no sistema elétrico de distribuição de energia do Brasil, bem como a legislação da revisão tarifária aplicada no sistema elétrico de distribuição de energia do Brasil. Revisando a bibliografia relacionada ao tema da dissertação em uma análise da linha do tempo no período de 2012 até 2022.

As contribuições dessa dissertação estão atreladas aos possíveis impactos gerados pela inserção da MMGD.

1.4 Estrutura da Dissertação

O presente trabalho está dividido nos seguintes capítulos:

- Capítulo 2: Apresentou-se uma breve exposição sobre a GD no Brasil com destaque a MMGD, a evolução da sua inserção e requisitos técnicos de instalação;
- Capítulo 3: Estudou-se o caso de uma planta solar fotovoltaica residencial *on grid*;
- Capítulo 4: Incluem-se as políticas públicas e seus efeitos a expansão da MMGD no Brasil, apresentando a linha do tempo do aspecto regulatório, sistema de compensação de energia- SCE e ações governamentais de incentivo;
- Capítulo 5: Estudou-se a estrutura da composição da tarifa de energia elétrica aplicada aos consumidores de baixa tensão;
- Capítulo 6: Incluem-se a metodologia adotada pela agência nacional de energia elétrica - ANEEL sobre o modelo de reajustes tarifários anual e periódico das concessionárias de distribuição de energia elétrica;
- Capítulo 7: Realizou-se à análise dos possíveis impactos nos custos operacionais; e
- Capítulo 8: Apresentou-se as conclusões finais e possíveis diretrizes para realização de trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a apresentação da Fundamentação Teórica foram estudados alguns tópicos relacionados ao tema, da seguinte forma:

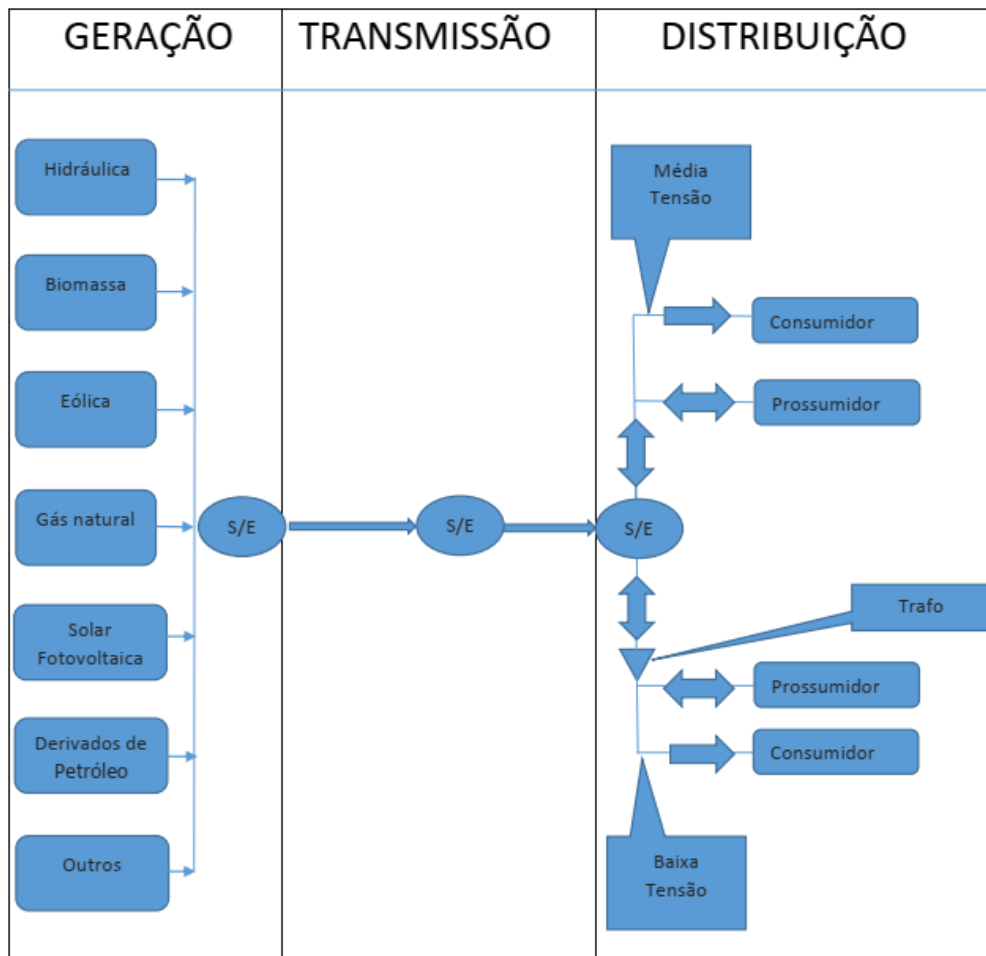
2.1 Geração Distribuída

Castro e Dantas (2018), observam que o setor energético está diante de uma busca incessante por maiores níveis de eficiência e aumento da participação de fontes renováveis em sua matriz. Devido o fluxo de informações à sociedade, a energia solar vem ganhando adeptos, não somente na geração própria (nos telhados), mas também, na construção das fazendas solares, visto que o potencial de energia em países tropicais, como o Brasil, é enorme, assim, estima-se que o percentual de geração desta fonte vai crescer nos próximos anos. Essa mudança de fontes de geração, vem aproximando a geração dos centros consumidores, e cria-se possibilidades e novos desafios do planejamento de atendimento a carga por meio de diferentes fontes, criando assim, o conceito de geração distribuída (GD).

Geração distribuída refere-se a energia gerada no seu ponto de consumo ou próximo a ela, no Brasil, a geração distribuída foi definida de forma oficial a partir do Decreto nº 5.163 de 30 de julho de 2004. (Brasil, 2004, p. 6).

Segundo SIMONE (2019), diferente de um sistema elétrico convencional unidirecional na tríade, Geração, Transmissão e Distribuição atendendo as cargas elétricas dos consumidores finais, esses somente consumiam a energia, agora, nesse novo arranjo esses mesmos consumidores ora consomem, ora injetam potência na rede de energia, o consumidor agora passa a ser um dos agentes em operação no sistema elétrico e definiu-se um novo termo “Prossumidor”, sendo ao mesmo tempo, consumidor e produtor. A Figura 2, ilustra o arranjo do setor elétrico.

Figura 2 - Novo arranjo do setor elétrico



Fonte: Adaptado de (ANEEL, 2012a).

Com essa mudança de sistema, agora tem-se uma bidirecionalidade do fluxo de energia, necessitando uma gestão em tempo real por parte das distribuidoras o que exige um investimento no planejamento, na operação e na manutenção do sistema, e para que a qualidade do serviço seja mantida pelas empresas, é necessário um aporte técnico e financeiro para que o sistema possa funcionar corretamente.

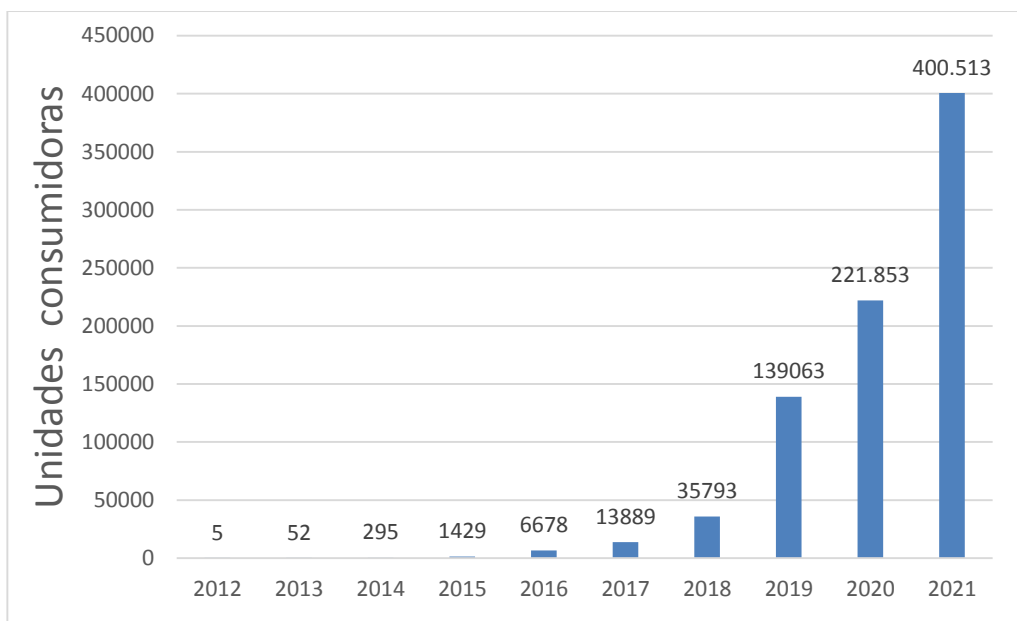
2.2 Energia Solar Fotovoltaica no Brasil

O painel fotovoltaico produz energia elétrica basicamente através de um material semicondutor que, estimulado pela radiação gera um fluxo eletrônico. Como a célula fotovoltaica possui duas camadas de semicondutores carregados positiva e negativamente, ao

ser atingido pela luz do sol, a junção dos semicondutores produz campo elétrico (ANEEL, 2016c)

Segundo ANEEL, após a publicação da Resolução Normativa n. 482/2012 (ANEEL, 2012), um marco regulatório para MMGD, os consumidores que optaram a instalar o sistema de geração cresceram exponencialmente e totalizaram 819.570 unidades consumidoras com geração distribuída. E uma potência total instalada de 9.1 GW. A Figura 3 ilustra as unidades consumidoras com geração distribuída entre 2012 e 2021.

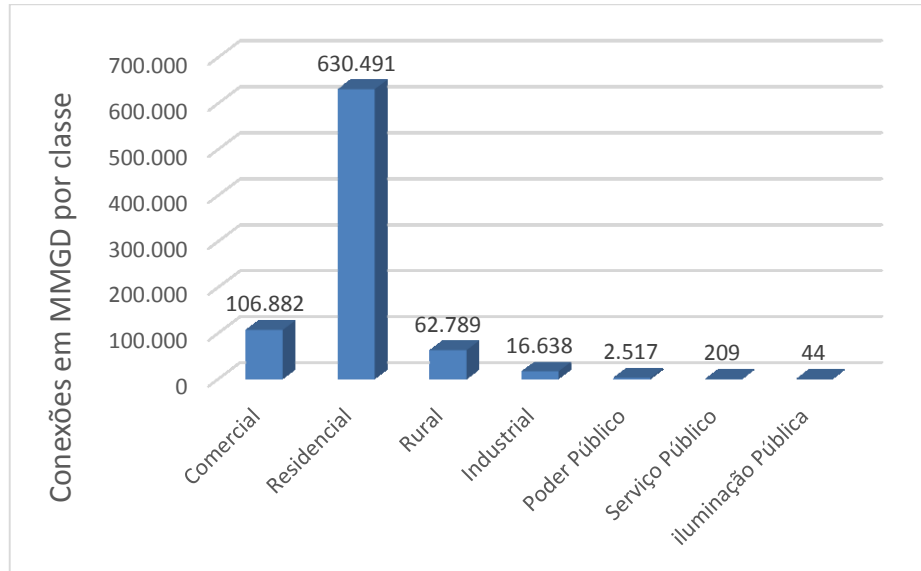
Figura 3- Quantidade anual de conexões de MMGD no Brasil em SFV



Fonte: Adaptado de ANEEL – Geração Distribuída 2022.

Destacando-se as classes de consumo comercial e residencial. Somadas representam 89,97% da quantidade de unidades e 76,86% da potência instalada. A Figura 4 ilustra as unidades consumidoras com geração distribuída por classe de consumo. (ANEEL, 2021c).

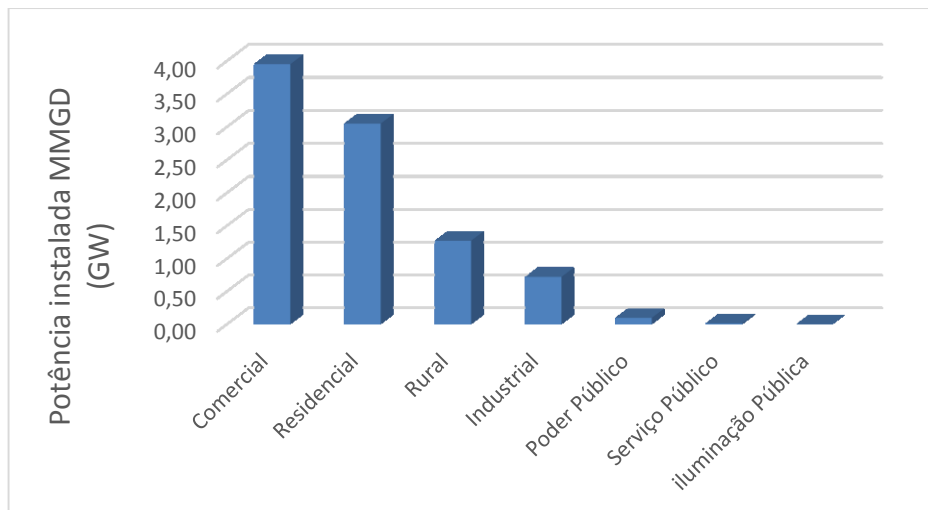
Figura 4- Número de conexões em MMGD por classe de consumo



Fonte: Adaptado de ANEEL – Geração Distribuída 2022.

Verificou-se os valores de potência instalada por classe de consumo. A classe que mais investiu em geração distribuída nas modalidades MMGD foi a classe comercial seguida da residencial, enquanto o setor público aparece no final desse ranking. A Figura 5 ilustra a potência instalada por classe de consumo em Gigawatt (GW). (ANEEL, 2021d).

Figura 5- Potência instalada em MMGD por classe de consumo



Fonte: Adaptado de ANEEL – Geração Distribuída 2022.

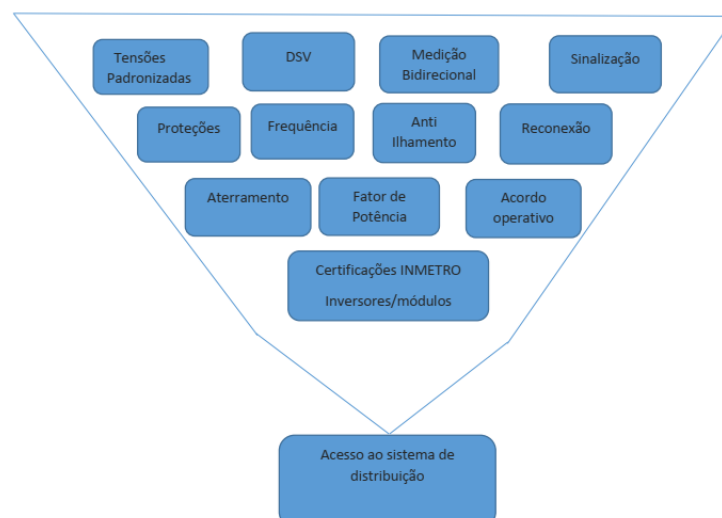
2.3 Requisitos para a Conexão de Geradores à Rede de Distribuição de Baixa de Tensão

Nesse subcapítulo restringiu-se em abordar conexões de geradores fotovoltaicos a rede de distribuição em baixa tensão com potência até 75 kW utilizando inversores.

São diversos os aspectos a serem observados pelas distribuidoras para garantirem a preservação da segurança, eficiência e confiabilidade do sistema e das conexões existentes. É importante que a qualidade de fornecimento de energia não seja comprometida por conexões realizadas sem a observância dos requisitos técnicos adequados, pois a distribuidora estaria sujeita a penalidades por parte da ANEEL. (DONADON, 2010).

Tem como objetivo estabelecer padrões e procedimentos de acesso, critérios técnicos, operacionais e o relacionamento operacional envolvidos na conexão de consumidores, atendidos em baixa tensão, que utilizem cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica, observando as exigências técnicas e de segurança recomendadas pela ABNT, e em conformidade com as prescrições vigentes nos Procedimentos de Distribuição – PRODIST-3, (ANEEL, 2022) e nas Resoluções Normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. A Figura 6 ilustra os requisitos de conexão da MMDG.

Figura 6– Requisitos de conexão da MMDG



Fonte: Adaptado de (ANEEL –PRODIST-3, 2017).

- **Tensões padronizadas** - tensão de conexão: Conforme PRODIST -3 tem-se as tensões padronizadas em baixa tensão, (Tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou inferior a 1kV). A Tabela 1 ilustra os limites padronizados.

Tabela 1 - Limites padronizados de tensão

Sistema	Tensão Nominal (v)
Trifásico	220/127
	380/220
Monofásico	254/127
	440/220

Fonte: ENERGISA – NDU-013 2019.

Nível de tensão considerado para conexão: Conforme PRODIST -3 a tensão de conexão é em função da potência de geração. A Tabela 2 demonstra a tensão de conexão versus potência de geração.

Tabela 2 - Tensão de conexão versus potência de geração

Potência Instalada	Nível de tensão de conexão
< 10kW	Baixa tensão
>10kW – 75kW	Baixa tensão
>76kW -150kW	Baixa/Média

Fonte: ENERGISA – NDU-013 2019.

- **Proteções de conexão - requisitos de proteção:** conforme PRODIST -3 a tensão de conexão é em função da potência de geração. A Tabela 3 demonstra as proteções mínimas necessárias até 100 kW.

Tabela 3 – Proteções mínimas necessárias até 100 kW

Requisitos De proteção	Até 100 kW	Tempo Máximo de atuação em segundos
Subtensão	0,8 pu	0,2
Sobretensão	1,1 pu	0,2
Subfrequência	59,5 Hz	0,2
Sobrefrequência	60,5	0,2 ²
Sobrecorrente	Conforme padrão de entrada	N/A
Sincronismo	10% Tensão 0,3Hz	N/A
Tempo de reconexão		180

Fonte: ENERGISA – NDU-013 2019.

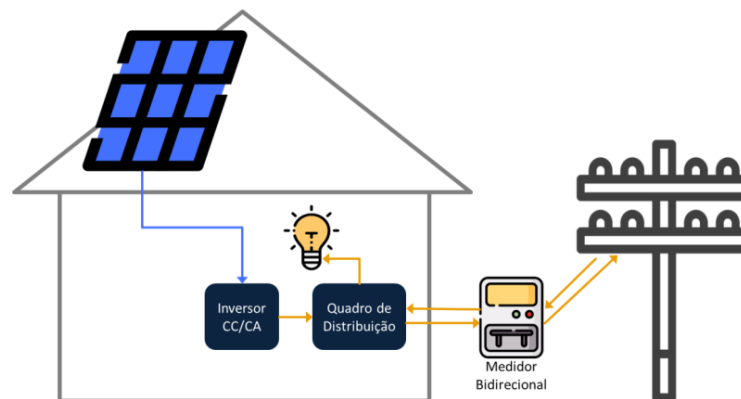
- **Proteções de frequência no ponto de conexão** - quando a frequência da rede assumir valores abaixo de 57,5 Hz, o sistema de Geração Distribuída deve interromper o fornecimento de energia à rede elétrica em até 0,2 segundos. O sistema somente deve voltar a fornecer energia à rede quando a frequência retornar para 59,9 Hz, respeitando o tempo de reconexão de 180 segundos. Quando a frequência da rede ultrapassar 60,5 Hz e permanecer abaixo de 62 Hz, o sistema de Geração Distribuída deve reduzir a potência ativa injetada na rede segundo a equação 1:

$$\Delta P = [f_{rede} - (f_{nominal} + 0,5)] \times R \quad (1)$$

onde:

- ΔP é variação da potência ativa injetada (em %) em relação à potência ativa injetada no momento em que a frequência excede 60,5 Hz (PM);
 - “ f_{rede} ” é a frequência da rede;
 - “ $f_{nominal}$ ” é a frequência nominal da rede; e
 - “ R ” é a taxa de redução desejada da potência ativa injetada (em %/Hz), ajustada em - 40 %/Hz.
- **Anti-ilhamento** - no caso de operação em ilha do acessante, a proteção de anti-ilhamento deve garantir a desconexão física entre a rede de distribuição e as instalações elétricas internas à unidade consumidora tempo máximo de 2 segundos, incluindo a parcela de carga e de geração, sendo vedada a conexão ao sistema da distribuidora durante a interrupção do fornecimento.
 - **Dispositivo de seccionamento visível (DSV)** - chave seccionadora visível e acessível que a acessada usa para garantir a desconexão da central geradora durante manutenção em seu sistema, exceto para microgeradores que se conectam à rede por meio de inversores, conforme Resolução 687. Considera-se o DSV a chave geral de entrada instalada no padrão de entrada.
 - **Perda de rede e reconexão do sistema** - depois de uma “desconexão” devido a uma condição anormal da rede, o sistema de Geração Distribuída não pode retomar o fornecimento de energia à rede elétrica (reconexão) por um período mínimo de 180 segundos após a retomada das condições normais de tensão e frequência da rede.
 - **Sistema de medição** - no sistema de medição de energia utilizado nas unidades consumidoras que façam a adesão ao sistema de compensação de energia, deverá ser utilizado um medidor bidirecional. Este equipamento fará a contabilização da energia ativa consumida pela unidade consumidora no fluxo direto e fará contabilização da energia ativa injetada na rede de distribuição, no fluxo reverso. A Figura 7 ilustra o arranjo do medidor bidirecional. (ANEEL, 2016c).

Figura 7- Instalação fotovoltaica com medidor bidirecional



Fonte: Adaptado de (PDE 2030).

- **Sistema de aterramento** - o sistema de geração distribuída deverá estar conectado ao sistema de aterramento da unidade consumidora. As instalações de Centrais Geradoras deverão estar providas de sistemas de aterramento que garantam que, em quaisquer circunstâncias, não sejam geradas tensões de contato superiores aos limites estabelecidos conforme NBR 5410.
- **Fator de potência** - para unidade consumidora ou conexão entre distribuidoras com tensão inferior a 230 kV, o fator de potência no ponto de conexão deve estar compreendido entre 0,92 (noventa e dois centésimos) e 1,00 (um) indutivo ou 1,00 (um) e 0,92 (noventa e dois centésimos) capacitivo, de acordo com regulamentação vigente. Após uma mudança na potência ativa, o sistema de Geração Distribuída deve ser capaz de ajustar a potência reativa de saída, automaticamente, para corresponder ao FP predefinido. Qualquer ponto operacional resultante destas definições/curvas deve ser atingido em, no máximo, 10 segundos.
- **Acordo operativo** - documento emitido pela Acessada, que descreve e define as atribuições, responsabilidades e o relacionamento técnico-operacional/comercial do ponto de conexão e instalações de geração.
- **Diagrama unifilar da geração solar fotovoltaica utilizando inversor** -ver apêndice E.

CAPÍTULO 3 – ESTUDO DE CASO DE UMA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA RESIDENCIAL *ON GRID*

Nesse capítulo apresentou-se uma planta residencial solar fotovoltaica *on grid* instalada no município de Assis localizada na região centro oeste do estado de São Paulo. O presente estudo traz um roteiro de como elaborou-se o projeto e uma breve análise do sistema instalado, abrangendo, concepção do projeto, performance de geração ao longo de 30 meses, custos de instalação do sistema e a recuperação do investimento pelo sistema de compensação *net metering* adotado no Brasil.

3.1 Levantamento de Dados

O item inicial a ser analisado é o perfil de consumo da residência, para isso uma fatura de energia recente que carrega o histórico de consumo dos últimos 12 meses traz uma base para análise. Investigou-se também se o proprietário da residência pretende modificar, ampliar ou até mesmo reduzir o uso de equipamentos elétricos. Tal prática poderá alterar o perfil de consumo de energia elétrica. Outro aspecto relevante seria alterar o número de moradores alterando o uso diário de equipamentos como chuveiro, iluminação etc. A Tabela 4 ilustra o histórico em 2019 do perfil de consumo. Consumo médio mensal de 187 kWh nos últimos 12 meses. E a Figura 8 ilustra de forma gráfica o consumo.

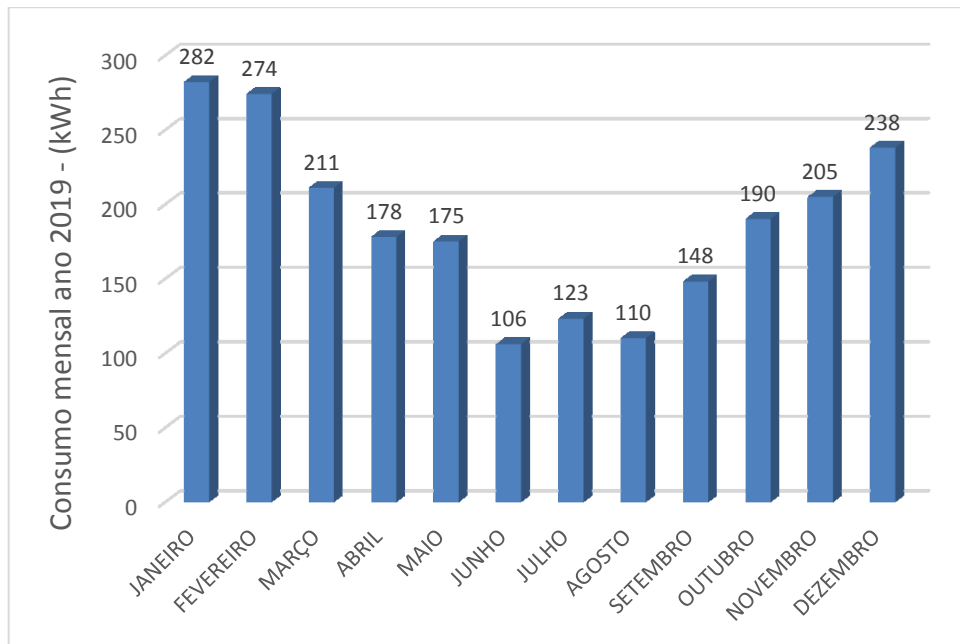
Tabela 4 - Histórico do perfil de consumo em 2019

Ano 2019	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média
Consumo (kWh)	282	274	211	178	178	106	123	110	148	190	205	239	187

Fonte: Adaptado de ENERGISA SUL SUDESTE S/A (2020).



Figura 8 – Gráfico de consumo em 2019



Fonte: Elaborado pelo autor.

No passo seguinte verificou-se a localização geográfica da residência (latitude: 22,65781°S, longitude: 50,394249°N). Utilizando o endereço da fatura de energia e as condições de instalação. Esses dados podem definir a insolação diária para projeção da energia a ser gerada. A localização foi levantada pelo *google maps*, e as condições de instalação definidas em uma visita no local. Telhado com telhas do tipo cerâmica romana com caída de água para o norte e inclinação de 30°. Por meio do programa *SunData 3.0* localizou-se a estação com dados de irradiação solar mais próxima à localização de referência (latitude: 22,601°S, longitude: 50,349°N). Os dados mínimos diários médios de irradiação solar no plano inclinado de 32°. Os valores estão ilustrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Irradiação solar diária média [kWh/m².dia]

Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média	Delta
4,81	5,23	5,28	5,40	4,88	4,78	4,96	5,71	5,01	5,08	5,08	5,11	5,11	0,93

Fonte: Adaptado de CRESESB (2022).

3.2 Definição da Capacidade do Sistema de Geração Solar Fotovoltaico

O consumidor paga a concessionária local um custo de disponibilidade (ANEEL 2018). Para a ligação monofásica o montante de 30 kWh. Baseando-se no histórico de um consumo

médio mensal de 187 kWh a maximização da geração ocorreria entre o resultado do consumo médio mensal nos últimos 12 meses subtraindo-se o custo de disponibilidade do tipo de ligação. Dada pela equação 2.

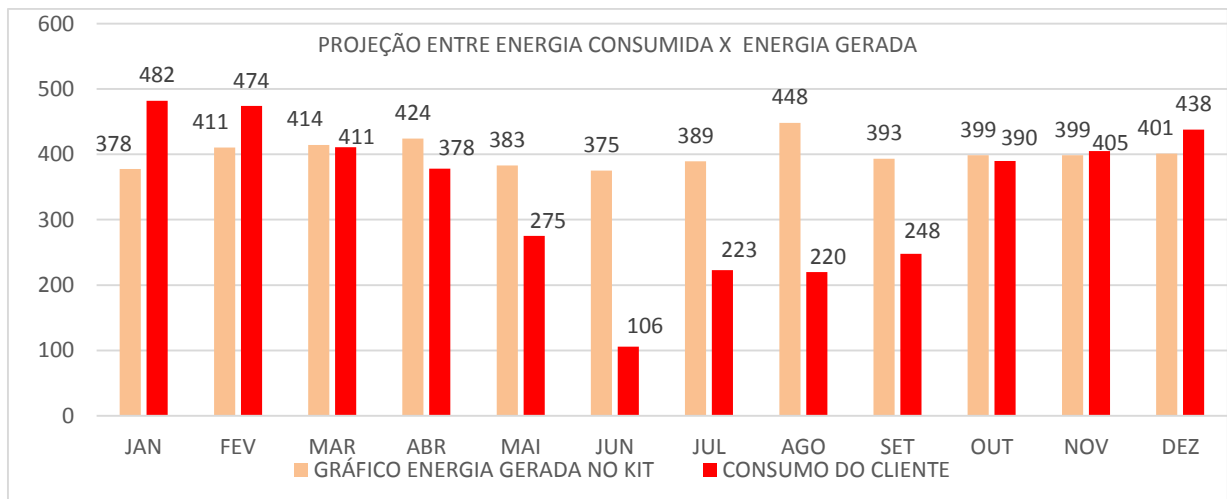
$$\text{máx geração} = (cmm - cp) \quad (2)$$

onde:

- *máx. geração* é a maximização da energia gerada;
- *cmm* é o consumo médio mensal; e
- *cp* é o custo de disponibilidade do tipo de ligação em kWh.

Aplicando a equação 2 se obteve o valor da maximização da geração de 157 kWh mês. Porém como explicado anteriormente o proprietário da residência planeja acrescentar novas cargas de climatização (ar condicionado). Nesse trabalho não será apresentado o detalhamento de consumo dos novos aparelhos. Optou-se por um sistema de 3,2 kWp que poderá produzir em média até 400 Kwh/mês. A figura 9 ilustra o futuro perfil de consumo mensal em modo comparativo com a geração fotovoltaica projetada.

Figura 9- Projeção entre energia consumida e energia gerada



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 Especificação dos Materiais da Planta Solar Fotovoltaica

Os materiais da planta solar fotovoltaica *on grid* foram adquiridos da distribuidora PHB Eletrônica Ltda. Denominado kit solar fotovoltaico, vale ressaltar que na composição de um

kit solar fotovoltaico não incidem os impostos de ICMS, Pis e Cofins conforme Convênio ICMS 117/96 (Convênio ICMS n.º 117, de 13 de dezembro de 1996) em processos de importações de kits de geradores fotovoltaicos. Os componentes utilizados e suas quantidades estão ilustrados na Tabela 6.

Tabela 6 - Composição do Kit solar fotovoltaico

Item	Quantidade	Unidade	Descrição
1	8	Pç	Módulo solar - jinko -400wp - monocristalino
2	1	Pç	Inversor PHB-3000NS - monofásico-220v -1mppt – wi-fi
3	1	Pç	QDCA - MONOFÁSICO -32A - DPS-45KA
4	4	Pç	Grampo terminador em alumínio - 35mm
5	6	Pç	Emenda para perfil de alumínio
6	2	Pç	Grampo de aterramento
7	8	Pç	Abraçadeira de aço para cabos
8	14	Pç	Clip de aço para aterramento de estruturas
9	14	Pç	Grampo intermediário para estrutura de alumínio - 35mm
10	6	Pç	Jumper de aterramento para perfil de alumínio
11	12	Pç	Gancho de aço para estrutura de madeira e telha cerâmica romana
12	8	Barra	Perfil de alumínio anodizado (2,20m) para módulos solares
13	25	m	Cabo cobre solar positivo - isolamento 1,8 kV - 6mm ² - vermelho
14	25	m	Cabo cobre solar negativo - isolamento 1,8 kV - 6mm ² - preto
15	35	m	Cabo cobre solar de PE - isolamento 1,8 kv - 6mm ² - verde
16	1	Par	Conector -MC4

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 Projeto Elaborado para Concessionária Local e Posterior Aprovação, Execução, Vistoria e Homologação

No Brasil cada concessionária de distribuição possui norma técnica específica para elaboração de projeto referente a conexão de micro e mini geradores fotovoltaicos. Nesse estudo a concessionária local é a Energisa Sul Sudeste Distribuidora de Energia S/A- ESS e o projeto atende a Norma de Distribuição Unificada-013. A referida norma apresenta os requisitos mínimos e as diretrizes necessárias para a conexão de geradores à rede de distribuição de baixa tensão, nas concessionárias do Grupo Energisa S.A. O objetivo é estabelecer padrões e procedimentos de acesso, critérios técnicos, operacionais e o relacionamento operacional envolvidos na conexão de consumidores, atendidos em baixa

tensão, e em conformidade com as prescrições vigentes nos Procedimentos de Distribuição – PRODIST-3 e nas Resoluções Normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. A Tabela 7 ilustra os documentos que compõem o projeto.

Tabela 7 – Composição dos documentos de projeto apresentados a concessionária ESS

Item	Documentos
01	Registro profissional do responsável técnico
02	ART – Anotação de Responsabilidade Técnica
03	Formulário de solicitação de acesso para microgeração com potência menor ou igual a 10 kWp
04	Informações detalhadas - ANEEL
05	Memorial técnico descritivo
06	Fatura de energia do local da geração
07	Documentos pessoais do proprietário
08	Planta de localização – Formato A1
09	Diagrama unifilar – Formato A1
10	Arranjo do sistema e detalhes construtivos – Formato A1
11	Certificado Inmetro do inversor
12	Certificado Inmetro do módulo solar
13	<i>Datasheet</i> do cabo solar em corrente contínua
14	<i>Datasheet</i> do dispositivo contra surto de corrente contínua
15	<i>Datasheet</i> da caixa de junção em corrente contínua
16	<i>Datasheet</i> da caixa de junção em corrente alternada
17	<i>Datasheet</i> do disjuntor de proteção em corrente alternada
18	<i>Datasheet</i> do dispositivo contra surtos em corrente alternada

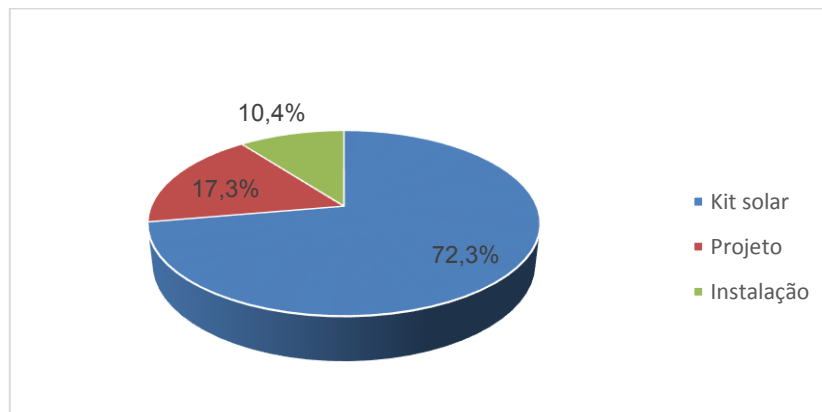
Fonte: Elaborado pelo autor.

O projeto é entregue em formato digital no site da concessionária e todos os arquivos em formato PDF, compactados. Conforme Prodinst-7 a concessionária tem um prazo legal de 15 dias para resposta. No fim do prazo legal o projeto foi aprovado e foram emitidos 03 documentos ao cliente: estudo de conexão com a rede de distribuição, relacionamento operacional e carta de aprovação do projeto. Após a aprovação executou-se a instalação do sistema e a solicitação de vistoria, no ato da vistoria a concessionária realizou a troca do medidor de energia elétrica por um do tipo bidirecional. Resultando na homologação concluída.

3.5 Custos do Sistema Solar Fotovoltaico

O gerador solar de 3,2 kWp foi adquirido em janeiro de 2020, instalado e homologado em fevereiro do mesmo ano. A seguir verificou-se os custos de forma detalhada. O Kit solar foi adquirido da Indústria PHB Eletrônica LTDA, pelo valor de R\$ 10.427,58, projeto em R\$ 2.500,00 e instalação com o custo de R\$ 1.500,00, totalizando R\$ 14.427,58. A Figura 10 ilustra os custos detalhados.

Figura 10- Custos do sistema solar fotovoltaico



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.6 Análise de Geração

Tratando-se de uma análise de geração, após o fato, verificou-se o valor da energia gerada em quilowatt-hora gerado em um período de 30 meses, iniciando-se em fevereiro de 2020 até julho de 2022. A PHB Eletrônica LTDA fabricante do inversor fotovoltaico possui monitoramento por meio de aplicativo disponibilizando os valores de geração ocorridos, de forma diária, mensal e anual, que serviram de base para o estudo. Bem como as faturas emitidas e entregues pela concessionária de distribuição ESS que possui descrição detalhada de consumo de energia, energia ativa injetada e custo de disponibilidade cobrados na fatura de energia. A Figura 11 ilustra o aplicativo de monitoramento da geração de energia solar fotovoltaica.

Figura 11- Monitoramento da geração solar fotovoltaica - aplicativo PHB



Fonte: Adaptado de aplicativo PHB de monitoramento.

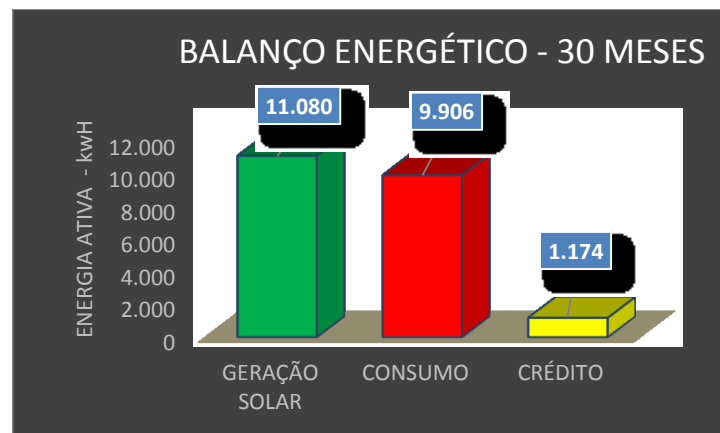
Após o cliente homologar seu sistema de geração solar fotovoltaica em fevereiro de 2020 ele passa a categoria de prosumidor. Consumindo e exportando energia a rede de distribuição gerando créditos. Essa troca de energia não ocorre na forma de moeda corrente e sim em energia ativa expressa em kWh.

A rede de distribuição comporta-se como uma bateria, durante os horários de plena geração às cargas elétricas da unidade consumidora acabam sendo supridas pelo sistema de geração, normalmente devido ao baixo consumo de energia diurno nas residências, ocorrendo momentos do excedente da geração, injetando energia ativa na rede da concessionária. Já no período noturno ocorre o consumo da rede, não se tem geração solar fotovoltaica e no sistema em estudo *on grid* excluem-se o uso de baterias, para acumular energia excedente, que poderiam suprir as cargas no momento de não geração.

O medidor bidirecional registra em campos separados a energia consumida e a energia ativa exportada. Porém, ao final do ciclo de faturamento é realizada a diferença líquida entre a energia consumida e a energia ativa injetada na rede. A energia gerada injetada excedente poderá ser utilizada no mês posterior ao ciclo de faturamento nos casos em que a geração não foi suficiente para equilibrar consumo versus geração. Ainda ser utilizada no futuro com um prazo de expiração em 60 meses. Também pode ser transferida para outra unidade consumidora. Desde que atenda 02 critérios: mesmo titular da unidade de geração e estar dentro da mesma zona de concessão.

Após análise do período de geração de 30 meses verificou-se os seguintes valores. Geração total de 11.080 kWh, consumo total de 9.906 kWh e créditos excedentes de 1.174 kWh. A figura 12 ilustra o balanço energético ocorrido.

Figura 12- Balanço energético



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.7 Recuperação do Investimento no Período Analisado

Mitscher & Rüter, (2012), investir em um sistema fotovoltaico residencial com a modalidade de compensação *net metering* pode ser visto como uma proteção de variação do preço ao investimento em face aos reajustes tarifários ao longo da vida útil do projeto. Verificou-se que a vida útil do sistema em torno de 25 anos aponta para uma aposta de investimento devido aos reajustes tarifários anuais nos anos subsequentes a sua implantação.

As trintas faturas de energia no período serviram de base para uma análise *ex post*. Verificou-se valores de kWh diferentes a cada ano, devido reajustes da tarifa, encontrou-se o valor médio a cada ano. Estabeleceu-se um fluxo de caixa, para entradas de caixa utilizou-se o custo evitado com a geração. A saídas de caixa foram compostas pelo investimento inicial do projeto e um custo de oportunidade a taxa de 5% ao ano. A Tabela 8 ilustra o fluxo de caixa nesses 30 meses.

Tabela 8 - Fluxo de caixa do investimento no período

Ano	Fluxo de caixa	Saldo
0	-R\$ 14.427,58	-R\$ 14.427,58
1	R\$ 2.943,53	-R\$ 11.484,05
2	R\$ 3.411,64	-R\$ 8.072,41
3	R\$ 1.984,15	-R\$ 6.088,26

Fonte: Elaborado pelo autor.

E com essas bases projetou-se a evolução do investimento até o 5 ano. E os indicadores financeiros tais como: Taxa Interna de Retorno - TIR, Valor Presente Líquido -VPL, *payback* simples e descontado. O investimento obteve recuperação do valor investido no *payback* simples em 4,0 anos e no descontado com 4,5 anos, a TIR resultou em 9% e VPL positivo indicando atratividade ao investimento. Caso seja avaliada a recuperação ao longo dos 25 anos de vida útil e sucessivos reajustes da tarifa os valores se alteram. Outro fato importante a se levar em consideração será os custos de operação e manutenção do sistema, degradação ao longo do tempo, possível troca do inversor. E algumas incertezas ainda com o sistema de compensação podem alterar os cenários aqui apresentados. As Tabelas 9 e 10 ilustram o fluxo de caixa projetado e alguns indicadores financeiros.

Tabela 9 - Fluxo de caixa projetado em 5 anos

Ano	Fluxo de caixa	Saldo	Fluxo descontado	Saldo descontado
0	-R\$ 14.427,58	-R\$ 14.427,58	-R\$ 14.427,58	-R\$ 14.427,58
1	R\$ 2.943,53	-R\$ 11.484,05	R\$ 2.803,36	-R\$ 11.624,22
2	R\$ 3.411,64	-R\$ 8.072,41	R\$ 3.094,46	-R\$ 8.529,76
3	R\$ 3.749,92	-R\$ 4.322,49	R\$ 3.239,32	-R\$ 5.290,44
4	R\$ 4.124,91	-R\$ 197,58	R\$ 3.393,57	-R\$ 1.896,86
5	R\$ 4.537,40	R\$ 4.339,82	R\$ 3.555,17	R\$ 1.658,31

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 10 - Indicadores financeiros

Taxa de desconto anual (i)	5,00%
VPL	1.658,31
TIR	9%
Payback simples	4,0
Payback descontado	4,5

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Brasil está criando uma *expertise* no setor fotovoltaico. Porém o setor ainda necessita de participações do governo nas políticas públicas de incentivo e das instituições de ensino no aprendizado dessa nova tecnologia. As boas práticas de projeto, instalação e fiscalização por parte das distribuidoras tendem a garantir um desempenho seguro, confiável e sustentável do setor fotovoltaico no país.

CAPÍTULO 4 – POLÍTICAS PÚBLICAS E INCENTIVOS A EXPANSÃO DA MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL

A que considerar-se toda iniciativa de regulamentação a GD, pois com regras definidas os diversos agentes envolvidos: consumidores, investidores, órgãos governamentais e toda cadeia produtiva, tem-se segurança jurídica para planejamento e ações de trabalho. Delimitou-se o estudo nas unidades geradoras com conexão no grupo B que corresponde a baixa tensão (ANEEL, 2012a).

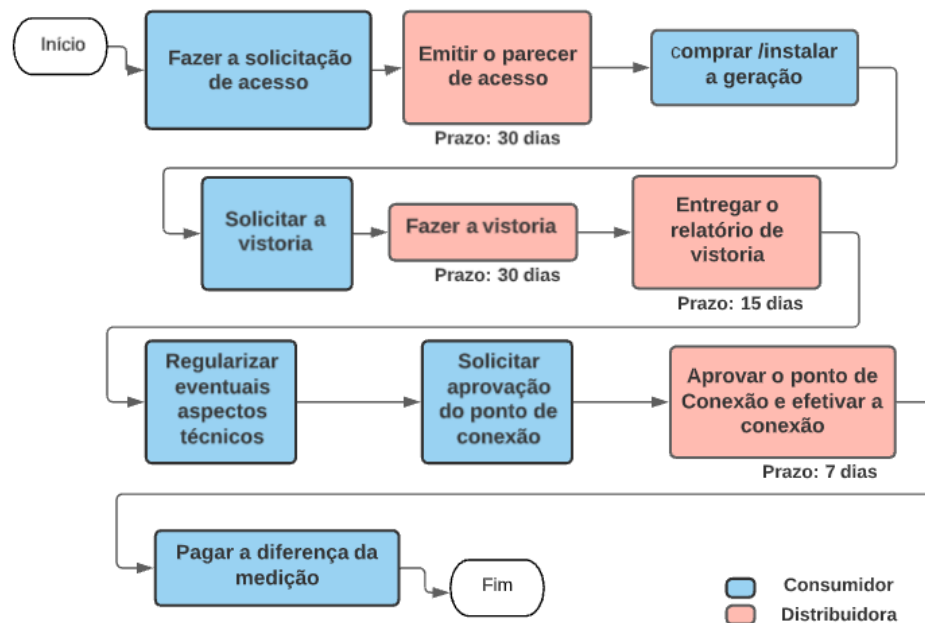
Destaca-se dentro da GD as modalidades de micro e minigeração distribuída (MMGD). Com o incentivo a conexão de geradores provenientes de fontes renováveis oriundos de fonte hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada e conectadas a rede de distribuição por meio das unidades consumidoras (ANEEL, 2012).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), realiza a publicação da Resolução Normativa n. 482/2012 (REN 482/2012) (ANEEL, 2012). Delimitando a micro geração distribuída com potência menor ou igual 100 KW e a mini geração distribuída maior que 100 kW e menor ou igual a 1 MW, estabelecendo as seguintes diretrizes:

- Etapas e prazos do procedimento de acesso, distribuidora e consumidor;
- Geração compensada no próprio local de consumo;
- Possibilidade de geração de créditos com a energia excedente gerada;
- Transferência de créditos para outra unidade consumidora de mesmo; titular para a mesma área de concessão; e
- Período de expiração dos créditos em 36 meses.

A Figura 13, ilustra o fluxo desse processo junto a distribuidora de energia elétrica (ANEEL, 2012).

Figura 13- Fluxo do processo junto a distribuidora de energia elétrica, etapas e prazos



Fonte: Adaptado de (ANEEL 2012a).

No intuito de promover a expansão da MMGD em 2015 ANEEL realizou a Audiência Pública nº 26/2015 (de 7/5/2015 a 22/6/2015) que culminou com a publicação da Resolução Normativa - REN nº 687/2015, a qual revisou a REN nº 482/2012 e a seção 3.7 do Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST (ANEEL, 2015).

Principais destaques da REN 687/2015.

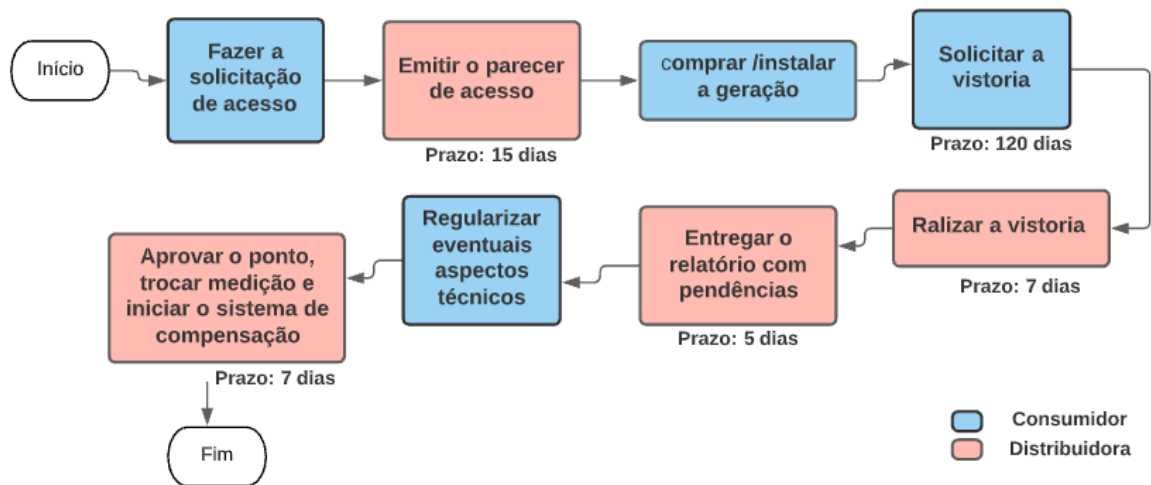
Alteração do patamar de potência: para efeitos de diferenciação, a microgeração distribuída refere-se a uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 quilowatts (kW), enquanto a minigeração distribuída diz respeito às centrais geradoras com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 megawatt (MW), para a fonte hídrica, ou 5 MW para outras fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. Novas diretrizes:

- Redução nas etapas e prazos de acesso;

- Retirada da cobrança da diferença de medição, (microgeração);
- Período de expiração dos créditos em 60 meses;
- Geração compartilhada: caracterizada pela reunião de consumidores dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada;
- Autoconsumo remoto: caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada; e
- Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras (condomínios): caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com micro ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento.

A Figura 14 ilustra o atual fluxo entre o consumidor solicitar o acesso e a efetividade da compensação de energia (ANEEL, 2015).

Figura 14 -As novas etapas e prazos de solicitação de acesso a MMGD



Fonte: Adaptado de (ANEEL 2015b)

Segundo (SIMONE, 2019), nos últimos anos, tem-se observado uma aceleração da inserção dos Recursos Energéticos Distribuídos (RED), justificada principalmente pela redução nos custos de investimentos e transação, pela maior disseminação das tecnologias de telecomunicação e controle e pelo papel mais ativo dos consumidores.

No dia 15 de dezembro de 2015, o Ministério de Minas e Energia (MME), criou o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), para ampliar e aprofundar as ações de estímulo à geração de energia pelos próprios consumidores, com base nas fontes renováveis de energia (em especial a solar fotovoltaica).

A MMGD têm papel de destaque, sendo uma modalidade de geração distribuída que cresce exponencialmente no país. A MMGD foi regulamentada no Brasil em 2012 pela ANEEL através da Resolução Normativa (REN) nº 482, que instituiu o modelo de *net metering* (energia líquida) no país. Em 2015, o regulamento foi aprimorado, de modo a tornar o processo de conexão mais célere e ampliar o acesso à geração distribuída para um número maior de unidades consumidoras. Atualmente, a resolução permite a conexão de geradores de até 5 MW na rede de distribuição, a partir de fontes renováveis de energia ou cogeração qualificada (ANEEL, 2016c).

Castro e Dantas (2018), o Brasil tende a seguir o caminho das práticas internacionais aplicadas em outros países como: EUA, JAPÃO, ALEMANHA Após um período de incentivo a inserção da MGD e a consolidação dessa tecnologia ocorreram reduções nos incentivos em função dos impactos gerados e novo arranjo do sistema elétrico. No Brasil, estudos apontam para cenários conflitantes entre os envolvidos: governo, prosumidores, consumidores, cadeia produtiva da MGD.

Em 2108 a ANEEL publicou o Relatório de Análise de Impacto Regulatório- (AIR-004/2018), ANEEL decidiu em 15/10/2019, em reunião pública da diretoria, a abertura de consulta pública em continuidade à Audiência Pública nº 1/2019 que trata da revisão das regras aplicáveis à micro e minigeração distribuída –Resolução Normativa nº 482/2012. O Relatório de Análise de Impacto Regulatório- (AIR-004/2018) ANEEL, recebeu diversas contribuições dos agentes envolvidos no âmbito da GD em especial a MGD. (ANEEL, 2018).

Em 05/11/2019 ocorreu a apresentação na câmara dos deputados federais em Brasília DF o Projeto de Lei n. 5.829/2019, o marco legal da micro e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS). E, após todas as contribuições dos agentes envolvidos e trâmites. Aprovada em todas as instâncias legislativas foi sancionado pela Presidência da República e publicado em 07/01/2022, resultando na Lei Ordinária 14.300/2022.

Segundo o Tribunal de Contas da União (TCU) em 18/11/2020 conforme publicação do ACORDÃO 3.063/2020 –PLENÁRIO determinou à agência regulatória para que adote, no prazo de 90 dias, as providências necessárias para retirar a diferenciação tarifária referente a subsídios cruzados na tarifa, promovidos pelos aumentos de custos fixos e redução de mercado da distribuidora com a inserção da MGD e repassados as tarifas aos consumidores finais, onerando consumidores que ainda não optaram pela instalação da MGD.

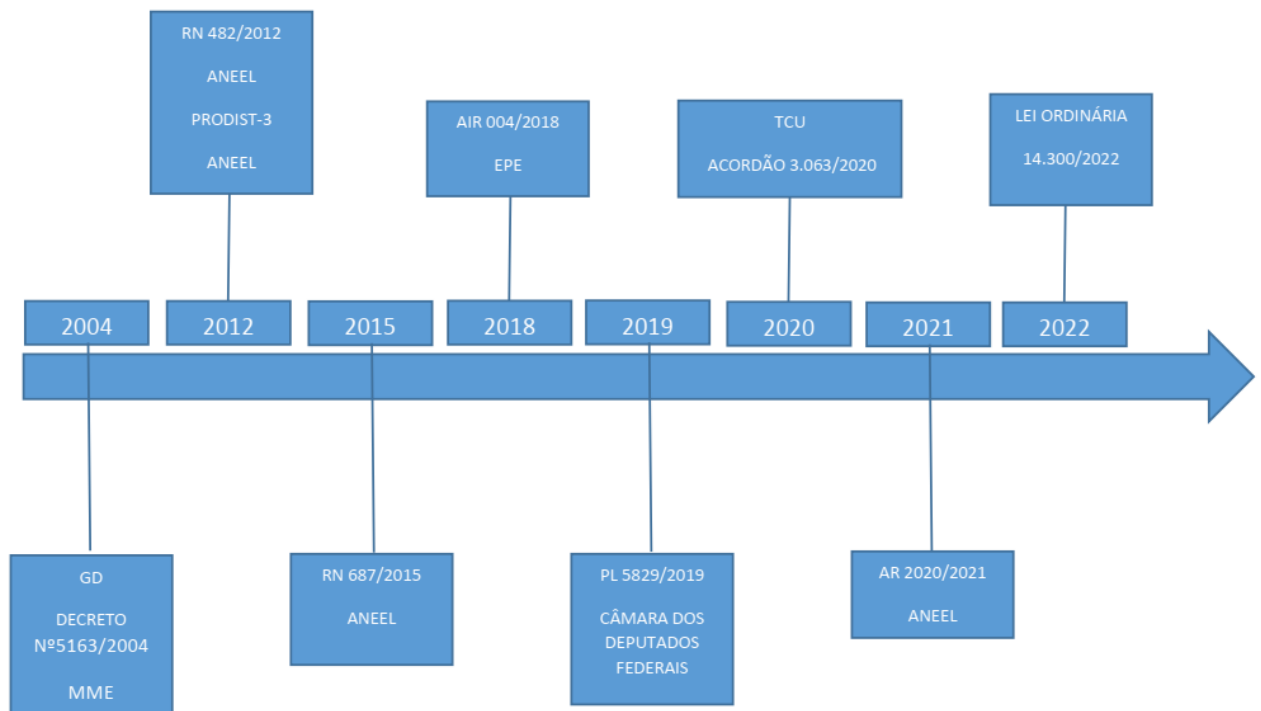
Conforme agenda regulatória 2020/2021 da ANEEL aprovada em 08/12/2020 elenca em caráter prioritário Reunião Pública Ordinária (RPO) para o primeiro semestre de 2021 o aprimoramento da resolução 482. (ANEEL, 2021a).

A Lei 14.300/2022, que cria o Marco Legal da GD. Apesar de ter entrado em vigor nesta data, a legislação prevê um período de transição para projetos solicitados em até 12 meses

contados da publicação da Lei. Ou seja, todos os projetos em GD, já instalados ou cuja solicitação de acesso ocorram até o dia 7 de janeiro de 2023, serão válidos nas regras atuais de compensação previstas na Resolução 482 (Resolução Normativa n.º 482/2012), até o dia 31 de dezembro de 2045. Trata-se do chamado período de vacância.

Ao analisar-se a evolução entre 2012 e 2022. As políticas de incentivo promoveram avanços na inserção da GD e MMGD, um período de maturação, para 2023 ocorrerá redefinição de regras, com o intuito de harmonizar todos os agentes envolvidos. Mas, com viés de segurança jurídica aos pioneiros da MMGD. A Lei 14.300/2022 provocará efeitos a serem mitigados com relação aos investimentos do setor. A Figura 15 ilustra a linha do tempo das principais mudanças na GD e MMGD entre 2012 e 2022.

Figura 15- Linha do tempo das principais mudanças na GD e MMGD entre 2012 e 2022



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1 Composição da Tarifa.

Além da tarifa, os Governos Federal, Estadual e Municipal cobram na fatura de energia o PIS/COFINS, o ICMS e a Contribuição para Iluminação Pública, respectivamente, (ANEEL, 2017).

Segundo SOARES (2019), desde 2004, o valor da energia adquirida das geradoras pelas distribuidoras passou a ser determinado também em decorrência de leilões públicos. A competição entre os vendedores contribui para menores preços.

O transporte da energia (da geradora à unidade consumidora) é um monopólio natural, pois a competição nesse segmento não geraria ganhos econômicos. Por essa razão, a ANEEL atua para que as tarifas sejam compostas por custos eficientes, que efetivamente se relacionem com os serviços prestados. Este setor é dividido em dois segmentos, transmissão e distribuição.

A transmissão entrega a energia à distribuidora, que por sua vez leva a energia ao usuário final. Os encargos setoriais e os tributos não são criados pela ANEEL e, sim, instituídos por leis (ANEEL, 2017). Alguns incidem somente sobre o custo da distribuição, enquanto outros estão embutidos nos custos de geração e de transmissão.

Quando a fatura de energia chega ao consumidor, ele paga pela compra da energia, pela transmissão e pela distribuição (serviços prestados pela distribuidora), além de encargos setoriais e tributos.

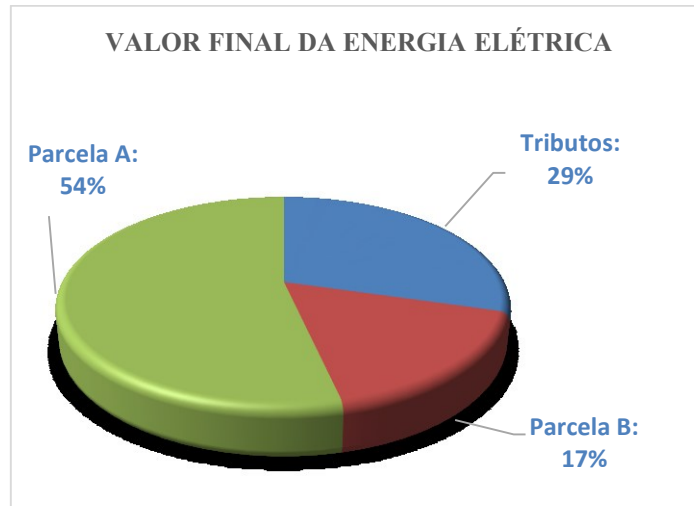
Para fins de cálculo tarifário, os custos da distribuidora são classificados em dois tipos:

- Parcela A: Compra de Energia, transmissão e Encargos Setoriais; e
- Parcela B: Distribuição de Energia.

Conforme se observa da Figura 16, aquisição da energia representam atualmente a maior parcela de custos (53,5%), seguido da parcela com Tributos (29,5%). E, por fim, a parte da

distribuição, ou seja, para manter os ativos e operar todo o sistema de distribuição representa apenas 17% do valor total das tarifas (ANEEL, 2017).

Figura 16 - Valor final da energia elétrica



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Parcela B representa as despesas diretamente gerenciáveis pela distribuidora. São custos próprios da atividade de distribuição que estão sujeitos ao controle ou influência das práticas gerenciais adotadas pela empresa. Para fins de cálculo tarifário, a Parcela B é composta de Custos operacionais, Receitas irrecuperáveis, Remuneração de Capital e Cota de Depreciação. Além disso, é subtraída da parcela compartilhada de Outras Receitas (ANEEL, 2017).

Um componente que deve ser levado em consideração quando trata-se de fontes renováveis são os benefícios gerados ao meio ambiente. Um exemplo é a remuneração de crédito de carbono gerado por tais fontes. Esse poderá ser mensurado e compor a tarifa desonerando-a e incentivando a inserção da MMDG no país.

4.2 Reajustes Tarifários Anual e Periódico

Os custos de Parcela B são revisados a cada 4 anos, a depender do que consta no Contrato de Concessão ou Permissão. A esse processo é dado o nome de Revisão Tarifária

Periódica (RTP). E, é regulado por meio dos Procedimentos de Regulação Tarifária (PRORET) têm caráter normativo e consolidam a regulamentação acerca dos processos tarifários. A estrutura do PRORET foi aprovada pela Resolução Normativa nº 435/2011. (ANEEL, 2016b).

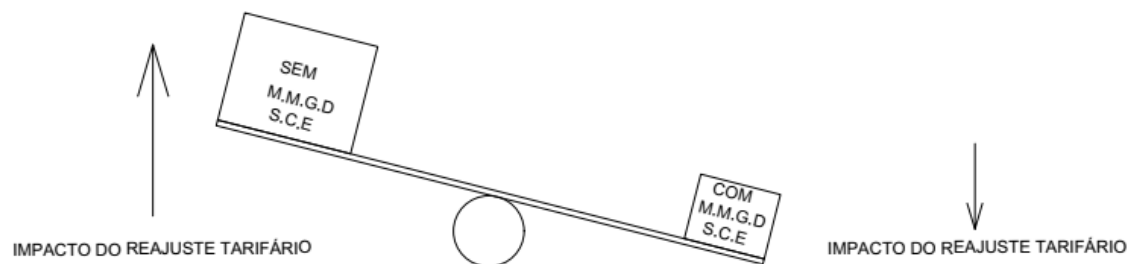
No período entre as revisões, a Parcela B é atualizada anualmente pelo índice de correção monetária incluso no Contrato de Concessão ou Permissão, subtraído de um fator de eficiência chamado fator X. Esse processo é chamado de Reajuste Tarifário. (ANEEL, 2016b).

Os custos operacionais, são aqueles associados às atividades de operação, manutenção, tarefas comerciais e administrativas, como os custos com leitura e entrega de faturas, vistoria de unidades consumidoras, podas de árvores, operação de subestações, combate às perdas, administração e contabilidade, (ANEEL, 2016a).

Nos processos tarifários não são reconhecidos os custos gerenciáveis das distribuidoras e compõem a Parcela B (Rodrigues, 2016). Os custos são definidos a partir da identificação das melhores práticas entre as empresas, por meio da comparação entre as concessionárias, considerando as características das áreas de concessão. Perdas e qualidade são consideradas na apuração da eficiência, (ANEEL, 2016b).

Diversos trabalhos sobre o tema de inserção da GD na modalidade MMGD na matriz elétrica nacional apontam para um cenário desfavorável no impacto tarifário. Criando o efeito de gangorra tarifária, pela perda de receita das concessionárias de distribuição para equilibrar essa perda de receita aplica-se uma correção que afeta diretamente os consumidores que não aderiram a MMGD. A Figura 17 apresenta essa situação.

Figura 17- Gangorra tarifária



Fonte: Elaborado pelo autor.

O efeito de gangorra tarifária tem relação direta com o Sistema de Compensação de Energia – SCE, o *net metering*. O valor do reajuste tarifário é igual para todos os consumidores e prossumidores. Mas ao comparar-se o valor total consumido pago na fatura de energia de um consumidor sem MMGD e o prossumidor que tem apenas o custo mínimo pelo tipo de ligação, evidencia-se um maior impacto desse reajuste para quem ainda não aderiu a MMGD.

O equilíbrio financeiro das concessionárias de distribuição melhora após a definição da nova tarifa de energia elétrica nas revisões tarifárias periódicas. Para a empresa manter equilíbrio financeiro é necessário que a receita seja capaz de atender a equação 3 da receita de equilíbrio financeiro.

$$Ref \geq (Cof + Rcpi) \quad (3)$$

onde:

- *Ref* é a receita para equilíbrio financeiro;
- *Cof* = *custos operacionais eficientes*; e
- *Rcpi* = *remuneração do capital prudentemente investido*.

CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DOS IMPACTOS NO CUSTO OPERACIONAL

Na década de 90 o setor elétrico passa por uma grande reformulação estrutural. Com a criação da ANEEL pela Lei 9.427 em 26 de dezembro de 1996 as distribuidoras de energia elétrica passam a ser reguladas e fiscalizadas por meio de contrato de concessão que estabelece regras, padrões e metas de qualidades a serem atingidas, (ANEEL, 2003).

Quando se tem concorrência em um ambiente de mercado competitivo a alocação de recursos se faz de forma eficiente. Mas os serviços básicos de infraestrutura como a distribuição de energia elétrica enquadram-se em um monopólio natural, nos serviços monopolistas surge a necessidade de se estabelecer custos associados a uma gestão eficiente dos mesmos, (ANEEL, 2003). No ano de 2003, a ANEEL publica a Empresa de Referência (ER), modelo a ser adotado nas Revisões Tarifárias Periódicas (RTP) servindo de balizamento para as melhores práticas de mercado referente ao serviço prestado pelas distribuidoras com custos operacionais eficientes. A empresa de referência é um modelo, não existe fisicamente e sim um padrão a ser seguido de modo comparativo, que possui características baseadas em número de consumidores, região típica, quilômetros de rede e tipicidade das linhas de distribuição.

A ER estabelece a estrutura necessária para a distribuidora prestar o serviço, mas não contempla os custos operacionais adicionais gerados a partir da inserção da GD nas modalidades da MMGD no novo arranjo da matriz elétrica, (ANEEL, 2003).

Nesse contexto, o conceito de eficiência torna-se primordial. Segundo EPE (2020), define eficiência energética a geração de mesma quantidade de energia com menos recursos naturais, ou ainda, obter os mesmos serviços com um menor consumo de energia. Entender o conceito de aplicabilidade de *CAPEX* e *OPEX* torna-se muito relevante na gestão moderna e eficiente. A mudança de configuração do setor elétrico da distribuição e a necessidade de novos investimentos a serem realizados na gestão em tempo real. Um cenário exemplo é a tomada de decisão entre adquirir novos equipamentos (*CAPEX*), ou optar pela contratação de serviços de gestão (*OPEX*). As ações futuras devem ser estudadas e comparadas, pois tem impacto direto sobre os custos operacionais.

Alguns serviços gerados na inserção da MMSGD e custos operacionais adicionais:

- Capacitação de equipe em análise de projeto;
- Sistema informatizado para aquisição da solicitação;
- Análise de projeto;
- Aquisição de medidor bidirecional (micro e minigeração distribuída);
- Capacitação de equipe operacional;
- Vistoria e inspeção;
- Homologação;
- Capacitação de equipe de leitura;
- Leitura mensal e tratamento de dados;
- Emissão de faturas com espelho de créditos de geração; e
- Digitalização de Rede.

A Inserção da MMSGD na matriz elétrica brasileira possibilitou a entrada e a conexão de vários agentes como: consumidores, prosumidores, concessionárias distribuidoras de energia, governo e toda cadeia produtiva, provocando diversos questionamentos, a serem estudados, avaliados ou até valorados, apresentou-se alguns em destaque:

- Redução na emissão de carbono;
- Geração de empregos;
- Postergação no investimento da rede de distribuição;
- Venda antecipada de energia;
- Redução do mercado das distribuidoras;
- Novo planejamento da rede e carga;
- Gestão em tempo real do sistema de distribuição;
- Perda de modicidade tarifária;
- Aumento de custos operacionais não contemplados na Revisão Tarifária Periódica;
- Redução na qualidade do serviço prestado;
- Demanda evitada; e
- Subsídios cruzados.

Analisando um breve histórico sobre a estruturação do setor elétrico, até 1920 a energia basicamente era obtida por meio de tração animal, carvão e madeira. As políticas públicas do Brasil no período a época defendia um Brasil apostando no seu melhor, basicamente agricultura de exportação que nesse período tinha alto valor, dessa forma conseguindo comprar produtos manufaturados estrangeiros em um balanço comercial e monetário positivo, não havia um parque industrial instalado. Com o tempo essa prática foi se desacoplando devido diversos fatos históricos mundiais negativos, I e II guerras mundiais, tendo como ápice a grande depressão de 1929. Institui-se a falência do modelo agroexportador, a perda do valor do produto agrícola e baixa demanda, por outro lado ocorre um grande aumento do valor de produtos manufaturados. Diversos governos nas décadas de 30, 40 estabeleceram metas para que o país tivesse que voltar sua atenção para um planejamento industrial e diminuir a dependência de produtos advindos do exterior. O setor industrial sempre dependeu e muito da oferta de energia elétrica.

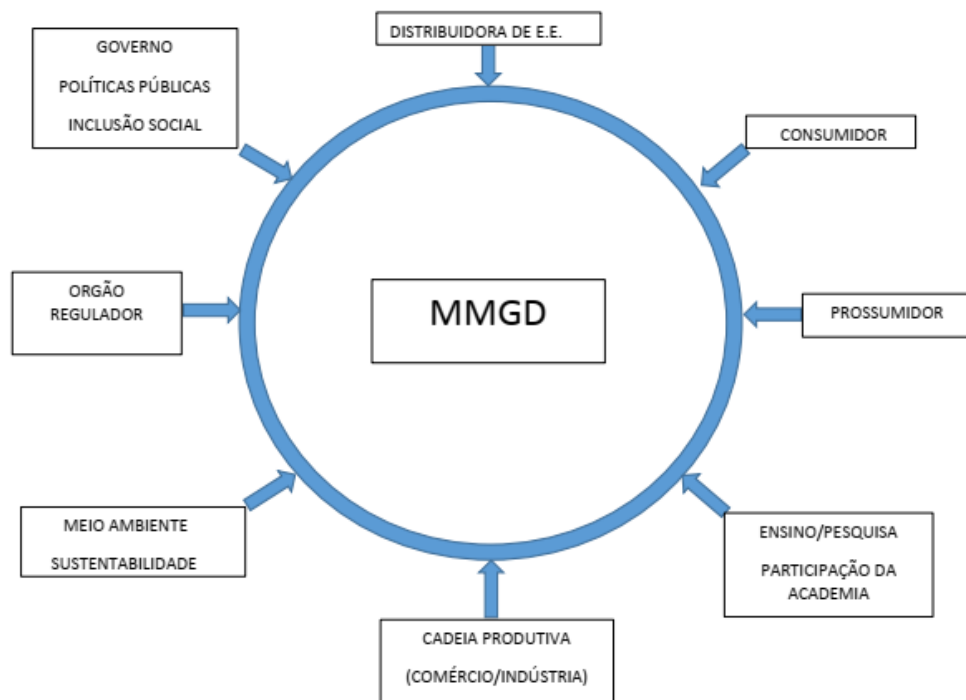
Marco importante estabeleceu-se no segundo governo do presidente Getúlio Vargas na década de 1950, o “Desenvolvimentismo Nacionalista”, período crescente do setor de infraestrutura energética para indústria. Sucessivos governos foram investindo na estruturação do sistema elétrico nacional. Mas em termos da configuração e gestão do sistema elétrico de distribuição, pode-se dizer que a rede que ai está instalada nos municípios brasileiros é muito semelhante a deixada pelo governo de Juscelino Kubitschek (1956-1961). Necessitando urgente de sua digitalização e gestão em tempo real.

O novo modelo do setor elétrico com a inserção da GD e a MMGD insere questões relevantes. Os custos operacionais adicionais advindos dessa nova modalidade não estão remunerados na Revisão Tarifária Periódica – (RTP). A falta de capacitação e investimento em tais serviços operacionais adicionais podem resultar na precariedade da qualidade dos serviços prestados pelas distribuidoras de energia, gerando riscos de acidentes e interrupções no fornecimento. Remuneração da prestação do serviço abaixo do esperado. Os indicadores de qualidade do serviço prestado ainda seguem um modelo criado na década de 90, novos indicadores de qualidade e performance devem ser implementados devido as novas tecnologias inseridas pela GD e MMGD. A questão social ganha muita importância com a criação de políticas públicas de incentivo e devem-se guiar pelos princípios fundamentais da república

reduzindo desigualdades sociais e regionais e devem ser implementadas a fim de promover equilíbrio as externalidades positivas e negativas.

O sistema elétrico nacional está diante de um novo marco legal a lei ordinária 14.300 a ser seguido a partir de 2023, novas questões surgem no contexto da MMGD. No sentido de equalizar o setor e promovendo políticas públicas face à modicidade tarifária, retorno sobre o investimento, remuneração da atividade com crescimento equilibrado da MMGD entre governo, distribuidoras, investidores, consumidores e prossumidores. A Figura 18 ilustra alguns agentes envolvidos na inserção da MMGD.

Figura 18- Agentes envolvidos na inserção da MMGD



Fonte: Elaborado pelo autor.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO

A pesquisa e a prática têm crescido, principalmente nas últimas duas décadas, tentando abordar as discussões sobre a transição energética de uma maneira mais democrática, equitativa, justa e sustentável.

As redes inteligentes são uma forma moderna de redes elétricas baseadas em tecnologias digitais para fornecer eletricidade aos consumidores por meio de comunicação digital bidirecional entre o operador da rede e os usuários. Permite que os usuários finais gerem eletricidade (geralmente a partir de uma fonte renovável) e insiram parte dessa eletricidade gerada na rede elétrica principal. Além disso, fornece aos usuários a capacidade de monitorar e controlar seus padrões de consumo.

Considerando a avaliação dos impactos da geração distribuída no custo operacional das concessionárias de distribuição, pode-se concluir até o momento que não estão sendo consideradas diversas atividades operacionais, as quais influenciam diretamente no seu custo.

Nesse trabalho, apresentou-se uma revisão da inserção da geração distribuída na modalidade MMGD e as principais legislações publicadas.

Algumas recomendações podem ser feitas as concessionárias de distribuição a partir desse trabalho de pesquisa.

- a) Qualidade da energia injetada, novos indicadores devem ser criados para avaliar a performance, bem como a forma de coleta, análise e apuração dos dados.
- b) Ligações irregulares em MMGD, devido a tecnologia ficar cada vez mais acessível, clientes podem acabar instalando sistema de geração à revelia, como a concessionária irá detectar tal prática. Talvez um novo modelo de medidor que detecta e atua no caso de energia injetada da carga para fonte.
- c) Gerenciamento de redes, com criação de legislação específica com apoio do órgão regulador, planejamento e prazo de implantação.
- d) Nova metodologia de estudo de perdas com a inserção da MMGD.

- e) Custo evitado na compra de energia, porém a concessionária ainda terá que arcar com os impostos da energia injetada.
- f) Concessionárias de distribuição serem produtoras de energia para armazenamento e ter uma gestão eficiente no horário de ponta reduzindo o efeito de curva de pato.
- g) Criação da taxa de homologação da MMGD.
- h) Criar gestão sobre capacidade de hospedagem de MMGD a rede de distribuição evitando-se fluxo reverso além da capacidade do sistema de distribuição.

Outras recomendações podem ser realizadas ao poder público na criação e aperfeiçoamento das Políticas Públicas.

- a) Novas formas de sistema de compensação de energia.
- b) Inserção massiva da MMGD no consumo dos prédios públicos, Federais, Estaduais e Municipais.
- c) Ensino regulamentado em GD.
- d) Criação e regulamentação profissional em GD.
- e) Programas de inserção e subsídios da MMGD aos consumidores de baixa renda.
- f) Comercialização de crédito excedente.

Nesse estudo, observou-se no Capítulo 2 o crescimento exponencial da MMGD. Sendo, que no período de 2012 a 2022, os agentes envolvidos (governo, concessionárias, consumidores) promoveram ampla discussão sobre aspectos impactantes de ordens: regulatória, fiscal, operativa, financeira e social, resultando na elaboração da Lei 14300/2022, o marco legal. Outros temas, como uma nova forma de composição tarifária e mecanismos de reajustes, empresa de referência atualizada considerando a inserção da MMGD, podem ser objeto de estudos futuros. De forma equilibrada promovendo atratividade a todos os envolvidos no negócio da geração distribuída.

6.1 Publicação Aprovada Sobre a Pesquisa.

Durante a realização desta dissertação foi publicado um artigo técnico referente ao tema no CBQEE 2021:

LUIS FERNANDO DE SOUZA, SOUZA, A, N.; CARVALHO, O, F.; SOUZA, N, Z, A, P.; SANTANA, V, G.; GASTALDELLO, D.; Os Impactos da Geração Distribuída no Custo

Operacional das Concessionárias de Distribuição -. Conferência Brasileira sobre Qualidade de Energia Elétrica, 2021.

6.2 Trabalhos Futuros.

Como um possível desdobramento desta dissertação, vislumbra-se a possibilidade da inserção de novos cenários na geração distribuída, considerando a adoção de novos critérios de compensação de energia, melhoria de infraestrutura técnica e operacional e reajustes tarifários.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **Informações Sobre o Modelo da Empresa de Referência**, 2003. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/manual_usuario_er_com_alteracoes.pdf/547ed188-acb7-47ae-a81ec6f7f18c0d33?version=1.0>. Acesso 15 de novembro 2021.

ANEEL. **Nota Técnica nº 124/2011-SRE-SRD-SRT-SFF-SEMSRC-SFE/ANEEL** Em 20 de maio de 2010. Processo nº. 48500.001217/2008-98 Assunto: **Organização geral dos processos relativos ao terceiro ciclo de revisões tarifárias das concessionárias de serviço público de distribuição de energia elétrica (3CRTP)**. Brasília. 2010.

ANEEL. **Resolução Normativa n. 482, de 17 de abril de 2012**. Brasília. 2012.

ANEEL. **Resolução Normativa n. 687, de 24 de novembro de 2015**. Brasília. 2015.

ANEEL. **Custo de Aquisição - Distribuição**, 2016a.. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso 18 de dezembro 2021.

ANEEL. **Mercado de Referência - Cálculo tarifário e metodologias**. 2016b. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso 10 de janeiro 2021.

ANEEL. **Cadernos Temáticos -Micro e Minigeração Distribuída Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. Brasília. 2016c.

ANEEL. **“Como é composta a tarifa - Conteúdo Educativo,”** 2017. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso 17 de janeiro 2021.

ANEEL. **Revisão das Regras Aplicáveis a Micro e Minigeração Distribuída**. Brasília. 2018.

ANEEL. **Agenda Regulatória 2020/2021**. 2021a. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/agenda-regulatoria-aneel>>. Acesso 16 de janeiro 2021.

ANEEL. **Geração Distribuída**. 2021b. Disponível em:<<https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>>. Acesso 25 de fevereiro 2021.

ANEEL. **Unidades Consumidoras com Geração Distribuída**. 2021c. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp>. Acesso 12 de abril 2022.

ANEEL. **Geração Distribuída por Classes de Consumo**. 2021d. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Classe.asp>. Acesso 12 de abril 2022.

ANEEL. **Procedimentos de Distribuição - Módulo 3** -. 2022. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/modulo-3>>. Acesso 18 de abril 2022.

Associação da Indústria de Cogeração de Energia, “**Inserção da Energia Solar no Brasil – Relatório Final**,” São Paulo, SP, Relatório Técnico Maio. 2012.

BRASIL. **Decreto nº 5163, de 30 de julho de 2014**. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial da União - Seção 1 - Edição Extra - 30/7/2004, Página 1 (Publicação Original).

CRESESB- SunData-Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. (2022). Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>>. Acesso 25 de abril 2022.

DONADON, A.R., “**Proposta de Norma de Conexão de Fontes de Geração Distribuída à Rede de Baixa Tensão da Concessionária**”, Dissertação de Mestrado, Orientador: João Carlos Camargo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia Mecânica –UNICAMP, Campinas - SP, Brasil, 2010.

ENERGISA – **NDU-013 –Revisão 4,1 setembro 2019. Critérios para a Conexão em Baixa Tensão de Acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição**. Disponível em: <<https://www.energisa.com.br/Documents/Normas%20t%C3%A9cnicas/NDU%20013%20-%20Crit%C3%A9rios%20para%20a%20Conex%C3%A3o%20em%20Baixa%20Tens%C3%A3o%20de%20Acessantes%20de%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%ADa%20ao%20Sistema%20de%20Distribui%C3%A7%C3%A3o.pdf>> Acesso 28 de abril 2022.

EPE. Audiência Pública ANEEL nº 001/2019. Contribuições da Empresa de Pesquisa Energética. Abril/2019.

EPE- NOTA TÉCNICA EPE DEASEE010/2020 Modelo de Mercado da Micro e Minigeração Distribuída (4MD): Metodologia – Versão PDE 2030. Nº EPE-DEA-SEENT 010/2020 Data: 11 de novembro de 2020. Rio de Janeiro.

EPE. Matriz Energética, 2021. Disponível em:<<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>> Acesso 29 de janeiro 2022.

Experiências internacionais em geração distribuída: motivações, impactos e ajustes [organizadores: Nivalde José de Castro, Guilherme Dantas]. – Rio de Janeiro :Publit, 2018.442 p.

KEN SILVERSTEIN. **Distributed Energy Resources to Grow 15.9% CAGR**. Disponível em: <<https://microgridknowledge.com/distributed-energy-resources-navigant/>> Acesso 30 de janeiro 2022.

MARIA LUISA DI SILVESTRE e colab. **How Decarbonization, Digitalization and Decentralization are changing key power infrastructures.** 2018.

Mitscher, M., & Rüter, R. (2012). **Economic performance and policies for grid-connected residential solar photovoltaic systems in Brazil.** *Energy Policy*, 14, 688-694. doi: 10.1016/j.enpol.2012.07.009
Neij, L. (1997). Use of experience curves to analyse the prospects for diffusion and adoption of renewable energy technology. *Energy Policy*, 25(13), 1099-1107. doi: 10.1016/S0301-4215(97)00135-3

Renewable energy highlights 1 July 2020 [Online]. Available: <<https://www.irena.org>> Acesso 12 de novembro 2021.

RODRIGUES, Isabel Sampaio. **Geração Distribuída no Setor de Energia Elétrica no Brasil.** 2016. 58f. Monografia (Graduação em Economia) - Departamento de Economia, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro.

SIMONE, Lucas Fernandes Camilo. **Inserção da micro e mini geração distribuída solar fotovoltaica: impactos na receita das distribuidoras e nas tarifas dos consumidores.** 2019. 148p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo 2019

SOARES, Simone Moreira. **Revisão Tarifária Periódica e o Equilíbrio Econômico-Financeiro das Distribuidoras de Energia Elétrica.** 2019.121f. Dissertação (mestrado) - Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Centro de Formação Acadêmica e Pesquisa. Fundação Getúlio Vargas - EBAPE. Rio de Janeiro.

Tribunal de Contas da União – TCU. **ACORDÃO 3063/2020- PLENÁRIO.** Assunto: Representação acerca de suposta ofensa aos princípios da segurança jurídica, da confiança legítima e da boa-fé no âmbito de consulta pública que pretende alterar normas que regulam a micro e a minigeração distribuídas de energia elétrica no País. Data da Sessão 18/11/2020. Brasília-DF.2020.Disponível em: < <https://pesquisa.apps.tcu.gov.br>> Acesso 31 de janeiro 2022.

APÊNDICE A – Exemplo de formulário de solicitação de acesso até 10kW

1. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC						
Código da UC:			Classe:			
Titular da UC:						
Logradouro:						
N°:	Bairro:	Cidade:				
E-mail:	UF:		CEP:			
Telefone:	Celular:					
CNPJ/CPF:						
2. DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC						
Potência Instalada (kW):			Tensão de Atendimento:			
Tipo de Conexão:	Monofásica	<input type="checkbox"/>	Bifásica	<input type="checkbox"/>	Trifásica	<input type="checkbox"/>
Tipo de Ramal:	Aéreo		<input type="checkbox"/>	Subterrâneo		<input type="checkbox"/>
3. DADOS DA GERAÇÃO						
Potência Instalada de Geração (kWp):						
Tipo da Fonte de Geração:	Solar	<input type="checkbox"/>	Eólica	<input type="checkbox"/>	Biomassa	<input type="checkbox"/>
	Cogeração	<input type="checkbox"/>	Outra (Especificar):			
4. DOCUMENTAÇÕES A SEREM ANEXADAS						
<input type="checkbox"/>	1. ART do Responsável Técnico pelo Projeto Elétrico e instalação do sistema de Microgeração;					
<input type="checkbox"/>	2. Diagrama Unifilar contemplando Geração/Proteção (Inversor, se for o caso)/Medição e Memorial Descritivo da instalação;					
<input type="checkbox"/>	3. Certificado de conformidade do(s) Inversor(es) ou número de Registro da concessão do INMETRO do(s) inversor(es) para a tensão Nominal de conexão com a rede;					
<input type="checkbox"/>	4. Dados necessários ao Registro da Central Geradora conforme disponível no site da ANEEL: www.aneel.gov.br/scg					
<input type="checkbox"/>	5. Lista de Unidades Consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI e VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012;					
<input type="checkbox"/>	6. Cópia de documento que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver);					
<input type="checkbox"/>	7. Documento que comprove o reconhecimento pela ANEEL da cogeração qualificada (se houver).					
5. CONTATOS NA DISTRIBUIDORA (PREENCHIDO PELA DISTRIBUIDORA)						
Responsável/Área:						
Endereço:						
Telefone:			E-mail:			
6. DADOS DO SOLICITANTE						
Nome/Procurador Legal:						
Telefone:			E-mail:			
Local:						
Data:	___ / ___ / _____		Assinatura do Responsável			

APÊNDICE B – Exemplo de formulário de solicitação de acesso acima de 10kW

1. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC						
Código da UC:			Classe:			
Titular da UC:						
Logradouro:						
N°:	Bairro:	Cidade:				
E-mail:	UF:		CEP:			
Telefone:	Celular:					
CNPJ/CPF:						
2. DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC						
Potência Instalada (kW):			Tensão de Atendimento:			
Tipo de Conexão:	Monofásica	<input type="checkbox"/>	Bifásica	<input type="checkbox"/>	Trifásica	<input type="checkbox"/>
Tipo de Ramal:	Aéreo		<input type="checkbox"/>	Subterrâneo		<input type="checkbox"/>
3. DADOS DA GERAÇÃO						
Potência Instalada de Geração (kWp):						
Tipo da Fonte de Geração:	Solar	<input type="checkbox"/>	Eólica	<input type="checkbox"/>	Biomassa	<input type="checkbox"/>
	Cogeração	<input type="checkbox"/>	Outra (Especificar):			
4. DOCUMENTAÇÕES A SEREM ANEXADAS						
<input type="checkbox"/>	1. ART do Responsável Técnico pelo Projeto Elétrico e instalação do sistema de Microgeração;					
<input type="checkbox"/>	2. Projeto elétrico das Instalações de Conexão, Memorial descritivo;					
<input type="checkbox"/>	3. Diagrama Unifilar e de Blocos do sistema de geração, carga e proteção;					
<input type="checkbox"/>	4. Certificado de conformidade do(s) Inversor(es) ou número de Registro da concessão do INMETRO do(s) inversor(es) para a tensão Nominal de conexão com a rede;					
<input type="checkbox"/>	5. Dados necessários ao Registro da Central Geradora conforme disponível no site da ANEEL: www.aneel.gov.br/scg					
<input type="checkbox"/>	6. Lista de Unidades Consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI e VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012;					
<input type="checkbox"/>	7. Cópia de documento que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver);					
<input type="checkbox"/>	8. Documento que comprove o reconhecimento pela ANEEL da cogeração qualificada (se houver).					
5. CONTATOS NA DISTRIBUIDORA (PREENCHIDO PELA DISTRIBUIDORA)						
Responsável/Área:						
Endereço:						
Telefone:			E-mail:			
6. DADOS DO SOLICITANTE						
Nome/Procurador Legal:						
Telefone:			E-mail:			
Local:						
Data:	___ / ___ / _____		Assinatura do Responsável			

APÊNDICE C – Exemplo de formulário de compensação de crédito excedente

FORMULÁRIO PARA CADASTRO DE UNIDADES CONSUMIDORAS PARTICIPANTES DO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO

Solicito que o excedente de energia injetada na rede pela unidade consumidora nº. _____, que esteja disponível para alocação nos termos da Resl Aneel 482/2012, seja rateada entre as unidades consumidoras abaixo relacionadas, conforme percentuais discriminados.

Dados da(s) Unidade(s) Consumidoras				%
Unidade Consumidora	Nome do Titular	CPF/CNPJ do Titular	Endereço	

Obs: a UC principal (geradora) somente pode ser incluída no rateio, no caso de empreendimento com múltiplas UCs (condomínio).

Declaro ainda estar ciente e concordar que:

- A soma dos percentuais informados limita-se à 100%, sendo que, caso resulte em valor inferior, o residual será compensado na unidade consumidora geradora.
- Em caso de encerramento da relação contratual do atual titular de qualquer dessas unidades consumidoras (nos termos do art. 70 da Resl Aneel 414/2010), o percentual alocado à mesma será transferido para a unidade consumidora geradora, até o envio de novo formulário para redefinição do rateio.
- As informações cadastradas com base no especificado neste documento somente serão alteradas mediante entrega de novo formulário, sendo de responsabilidade exclusiva do titular da unidade consumidora geradora (ou seu representante formalmente designado, no caso de Pessoa Jurídica) a emissão e entrega do mesmo.
- Este documento cancela e substitui qualquer outra solicitação anterior de cadastro de beneficiários relacionadas à unidade consumidora geradora acima identificada.

Titular da Unidade Consumidora

(Nome Completo/Razão Social): _____

CPF/CNPJ: _____

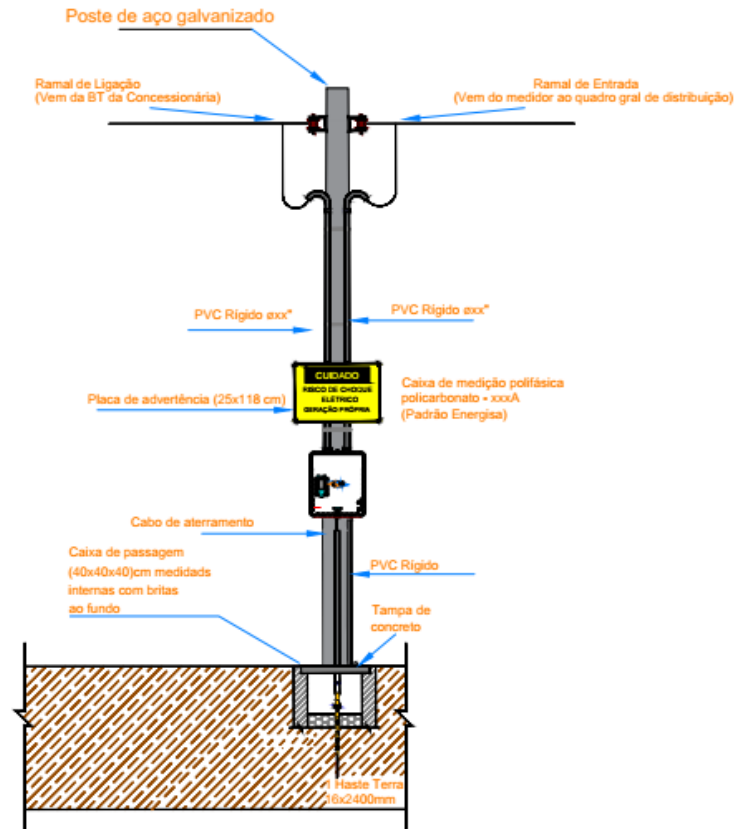
Nome do Responsável (Pessoa Física

formalmente designada - Quando PJ): _____

CPF: _____

Ass. do Titular ou Responsável formalmente autorizado (quando PJ): _____

APÊNDICE D – Modelo de Padrão de entrada com placa de advertência (adaptado pelo autor)



Modelo de placa de Advertência

