UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

LOREDDANA MONTEIRO BANDEIRA DE OLIVEIRA

ANÁLISE DA METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DOS LIMITES DE CONTINUIDADE DOS CONJUNTOS ELÉTRICOS DAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

DM: 25/2024

BELÉM - PA
OUTUBRO DE 2024

LOREDDANA MONTEIRO BANDEIRA DE OLIVEIRA

ANÁLISE DA METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DOS LIMITES DE CONTINUIDADE DOS CONJUNTOS ELÉTRICOS DAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

Dissertação de Mestrado submetida à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, do Instituto de Tecnologia, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas de Energia Elétrica, sob orientação da Prof. Dra. Maria Emília Tostes.

BELÉM - PA

OUTUBRO DE 2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

"ANÁLISE DA METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DOS LIMITES DE CONTINUIDADE DOS CONJUNTOS ELÉTRICOS DAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL"

AUTORA: **LOREDDANA MONTEIRO BANDEIRA DE OLIVEIRA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA, SENDO JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA NA ÁREA DE SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA.

APROVADA EM: 10/10/2024

BANCA EXAMINADORA:

Prof.ª Dr.ª Maria Emília de Lima Tostes
(Orientadora – PPGEE/ITEC/UFPA)

Prof. Dr. Ubiratan Holanda Bezerra
(Avaliador Interno – PPGEE/ITEC/UFPA)

Prof. Dr. Cláudio Luciano da Rocha Conde
(Avaliador Externo – NGTM)

Prof. Dr. Rogério Diogne de Souza e Silva
(Avaliador Externo – UFERSA)

VISTO:

Prof. Dr. Diego Lisboa Cardoso
(Coordenador do PPGEE/ITEC/UFPA)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O48a Oliveira, Loreddana Monteiro Bandeira de.
Análise da metodologia para definição dos limites de continuidade dos conjuntos elétricos das distribuidoras de energia elétrica no Brasil / Loreddana Monteiro Bandeira de Oliveira. — 2024.
72 f. : il. color.

Orientador(a): Profª. Dra. Maria Emília de Lima Tostes
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Belém, 2024.

1. Indicadores de Continuidade. 2. Conjuntos Elétricos. 3. Qualidade do Serviço. 4. Fornecimento de Energia Elétrica. 5. Distribuição de Energia Elétrica. I. Título.

CDD 333.79320981

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por sempre me sustentar nas adversidades da vida e por me permitir chegar até aqui.

Aos meus pais Raimundo Nonato Leal Bandeira (S. Bandeira) e Maria de Nazaré Monteiro Bandeira (D. Naza), por terem me escolhido com filha, por terem semeado um lar cheio de amor, valores, no qual levo por toda a vida e por sempre valorizar a educação como instrumento de transformação.

Ao mês esposo Fábio Cezar Lima de Oliveira, por sempre apoiar minhas escolhas, sempre caminhar ao meu lado e por cada palavra de incentivo e acolhimento ao longo da minha jornada.

À minha filha Maria Vitória Bandeira de Oliveira, mesmo sem saber, é a minha válvula propulsora pela busca incansável pelo conhecimento e crescimento profissional.

À minha amiga Wuanda Moraes, que conheci durante o mestrado, pessoa que sempre me ajudou, me apoiou e nunca deixou eu desistir, mesmo com todas as atribulações da vida.

Ao meu amigo Wesley Heringer, que também conheci no mestrado e levo para toda a vida, como um amigo sempre disposto a compartilhar seus conhecimentos.

Ao professor Fabio Corrêa, meu orientador de TCC durante a graduação, pela amizade que construímos ao longo dos anos.

Aos professores e colegas de trabalho pelos constantes ensinamentos e compartilhamento de experiências que colaboraram no meu desenvolvimento profissional e pessoal.

A minha orientadora Maria Emília Tostes e ao professor Ubiratan Bezerra por todo suporte e compreensão durante o desenvolvimento da dissertação.

Muito obrigada a todos!!

"O pensamento é ensaio da ação"

Sigmund Freud

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
1.1. Descrição do Problema 13
1.2. Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) 15
1.3. Justificativa 16
1.4. Objetivos 17
1.4.1. Objetivo Geral 17
1.4.2. Objetivos Específicos 18
1.5. Estrutura do Trabalho 18
2 A REGULAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL 19
2.1. Indicadores de Continuidade de Fornecimento de Energia Elétrica 20
2.2. Definição dos Limites de DEC e FEC 22
2.1.1. Modelo Empregado a Partir de 2000 22
2.1.2. Modelo Proposto na Consulta Pública nº 008/2010 24
2.1.3. Modelo Empregado a Partir de 2011 27
2.3. Considerações Finais 30
3 MODELO VIGENTE DA DEFINIÇÃO DE LIMITES 31
3.1. Seleção dos Atributos 33
3.2. Extração dos valores para atributos 35
3.3. Aplicação do Método Dinâmico 35
3.4. Avaliação dos Conjuntos Heterogêneos 37
3.5. Avaliação das trajetórias de redução intensas 39
3.6. Evolução do desempenho da Qualidade do Serviço 40
3.7. Considerações Finais 42
4 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA QUALIDADE DAS DISTRIBUIDORAS NO BRASIL 44
4.1. Definição de Indicadores de Qualidade 44
4.2. Coleta de dados, análise e cálculo de indicadores 44
4.3. Estabelecimento de Metas Regulatórias 45
4.4. Monitoramento Contínuo 45
4.5. Aplicação de Penalidades e Recompensas 45
4.6. Revisão e Atualização das Metodologias 45
4.7. O Ranking do DGC – Desempenho Global de Qualidade 45
4.8. Resultados DCG 2023 47
4.9. Considerações Finais 49

5 ESTUDOS DE CASOS E RESULTADOS 50
5.1 Estudos de caso – Concessão do estado do Pará 52
5.1.1 Resultado de Estudo 1: Conjunto Curralinho 56
5.1.2 Resultado de Estudo 2: Conjunto Itaituba II 57
5.1.3 Resultado de Estudo 3: Conjunto Afuá 59
5.2 Discussões 60
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 62
6.1 Conclusões 62
6.2 Sugestões de trabalhos futuros 63
REFERÊNCIAS 65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AP	Audiência Pública
AT	Alta Tensão
BDGD	Base de Dados Geográfica da Distribuidora
BT	Baixa Tensão
CAIDI	*Customer Average Interruption Duration Index*
CEER	*Council of European Energy Regulators*
CI	*Customer Interruptions*
CMI	*Customer Minutes Lost*
COPEL-DIS	Companhia Paranaense de Energia - Distribuição
CP	Consulta Pública
CRTP	Ciclo de Revisão Tarifária Periódica
CTAIDI	Customer Total Average Interruption Duration Index
CTAIFI	Customer Total Average Interruption Frequency Index
DEA	Data Envelopment Analysis
DEC	Duração Equivalente de Interrupções por Unidade Consumidora
DIC	Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora
DICRI	Duração de Interrupção Individual ocorrida em Dia Crítico por Unidade Consumidora
DMIC	Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
END	*Energy Not Distributed*

ENS	*Energy Not Supplied*
EQTL PA	Equatorial Energia Pará
FEC	Frequência Equivalente de Interrupções por Unidade Consumidora
FIC	Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
MT	Média Tensão
NIEPI	*Número de interrupciones equivalente de la potência instalada*
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PRORET	Procedimentos de Regulação Tarifária
REN	Resolução Normativa
SAIDI	*System Average Interruption Duration Index*
SAIFI	*System Average Interruption Frequency Index*
SEB	Setor Elétrico Brasileiro
SED	Subestação de Distribuição
SEP	Sistemas Elétricos de Potência
SIN	Sistemas Interligado Nacional
TIEPI	*Tiempo de interrupción equivalente de la potencia instalada*
UC	Unidade Consumidora

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapeamento f entre entradas e saída de um sistema 23
Figura 2 - Divisão dos três clusters obtidos com o método de Ward 26
Figura 3 - Fluxograma da definição dos limites de DEC/FEC 32
Figura 4 - Evolução do DEC apurado e limite no Brasil 41
Figura 5 - DEC Apurado e DEC Limite por distribuidora de grande porte, em 2023 42
Figura 6 – Ranking ANEEL 2023 48
Figura 7 - Localização e condições de acesso para o conjunto Itaituba II 53
Figura 8 - Localização e condições de acesso para o conjunto Curralinho 54
Figura 9 - Localização e condições de acesso para o conjunto Afuá 55
Figura 10 - Conjuntos Semelhantes - CURRALINHO 56
Figura 11 - Localização e condições de acesso para o conjunto Massaguaçu em São Paulo 56
Figura 12 - Conjuntos Semelhantes – ITAITUBA II 57
Figura 13 - Localização e condições de acesso para o conjunto Morretes no Paraná 58
Figura 14 - Conjuntos Semelhantes – AFUÁ 59
Figura 15 - Localização e condições de acesso para o conjunto Itamarati no Rio de Janeiro 59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos utilizados pela ANEEL na metodologia vigente 32
Tabela 2 - Atributos selecionados para a metodologia comparativa de definição de limites dos indicadores de continuidade DEC e FEC 34
Tabela 3 - Parâmetros do método dinâmico para os conjuntos elétricos 36
Tabela 4 - Equações utilizadas para cálculo do ANI dos atributos selecionados para a metodologia comparativa 38
Tabela 5 - Variação nos percentis a serem utilizados para conjuntos heterogêneos com base no Score ANI 39
Tabela 6 - Limites Anuais de DEC e FEC (2020-2023) 55
Tabela 7 - Distorções entre os conjuntos Curralinho e Massaguaçu 57
Tabela 8 – Distorções entre os conjuntos Curralinho, Marco e Augusto Montenegro 57
Tabela 9 - Distorções entre os conjuntos Itaituba II e Morretes 58
Tabela 10 - Distorções entre os conjuntos Afuá e Itamarati 60

RESUMO

A definição dos limites dos indicadores de continuidade dos conjuntos elétricos nas distribuidoras de energia elétrica representa o principal aspecto regulatório da qualidade do fornecimento de energia elétrica, influenciando diretamente as tarifas aplicadas aos consumidores e os investimentos realizados pelas empresas concessionárias de distribuição elétrica. No contexto da regulação do setor elétrico, manter os índices de continuidade do fornecimento de energia em níveis adequados é crucial para garantir a melhoria do fornecimento aos consumidores, bem como a acessibilidade da tarifa elétrica. Neste trabalho, será apresentada a regulamentação brasileira sobre indicadores coletivos de continuidade do fornecimento de energia, elaborada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), desde sua implementação até os dias atuais, analisando como cada mudança regulatória influenciou o desempenho e a evolução do setor elétrico brasileiro, especialmente no Estado do Pará, que possui indicadores coletivos de continuidade diferenciados em comparação aos demais estados, devido a peculiaridades da área de concessão, como dificuldades de acesso, longas distâncias, baixa densidade populacional. A ANEEL utiliza a comparação entre os conjuntos elétricos das distribuidoras como base para estabelecer um benchmarking, que define as metas de desempenho a serem alcançadas ao fim de cada ciclo tarifário, no entanto, o método atual de estabelecimento dos limites regulatórios não considera características que impactam diretamente a gestão operacional, nem as particularidades desses conjuntos e regiões. Esta dissertação propõe-se a analisar a metodologia vigente para a definição dos limites de continuidade dos conjuntos elétricos das distribuidoras de energia elétrica no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores de Continuidade; Conjuntos Elétricos; Qualidade do Serviço; Fornecimento de Energia Elétrica; Distribuição de Energia Elétrica.

ABSTRACT

The definition of continuity indicator limits for electrical network sectors in electricity distribution companies represents the primary regulatory aspect of electricity supply quality, directly impacting consumer tariffs and investment decisions made by electric companies in electricity distribution systems. In the context of electricity sector regulation, maintaining continuity indices at appropriate levels is crucial to improving supply for consumers and ensuring tariff accessibility. This study presents the Brazilian regulation of collective continuity indicators for electricity supply, developed by the National Electric Energy Agency (ANEEL), from its implementation to the present, analyzing how each regulatory change has influenced the performance and development of the Brazilian electricity sector, with particular emphasis on the State of Pará. Pará exhibits unique continuity indicators compared to other states due to its concession area characteristics, including access challenges, long distances, and low population density. ANEEL uses benchmarking among distribution companies' electrical sectors to establish performance targets at the end of each tariff cycle; however, the current method for setting regulatory limits does not account for factors that directly impact operational management or specific regional characteristics. This dissertation aims to analyze the current methodology for defining continuity limits for the electrical network sectors of electric companies in Brazil.

KEYWORDS: Continuity Index. Electrical Sets. Service Quality. Electricity Supply. Power Distribution Systems.

1 INTRODUÇÃO

Por se caracterizar como monopólio natural, o serviço de distribuição de energia elétrica deve ter suas atividades fiscalizadas e regulamentadas, à fim de manter o equilíbrio entre a modicidade tarifária e a qualidade do serviço prestado. No Brasil, essas atividades são desenvolvidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL desde 1997, que, entre outras atribuições, definiu normas e procedimentos com o objetivo de padronizar as atividades técnicas relacionadas à operação e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica.

Devido a complexa estrutura e a grande quantidade de circuitos e ramificações, os sistemas de distribuição de energia elétrica estão sujeitos às ocorrências de falhas e interrupções no fornecimento de energia elétrica, causando transtornos para os consumidores. Por esse motivo, a continuidade do fornecimento de energia elétrica se tornou um dos principais indicadores observados pelas agências reguladoras, no intuito de incentivar a melhoria do fornecimento de energia e, consequentemente, a qualidade dos serviços prestados pelas distribuidoras de energia elétrica.

1.1. Descrição do Problema

Historicamente, a regulação da qualidade de energia no Brasil teve início em 1978, com a publicação da Portaria DNAEE n° 046/1978, que definiu os índices coletivos de interrupção de energia denominados Duração Equivalente de Interrupção por Consumidor (DEC) e Frequência Equivalente de Interrupção por Consumidor (FEC), porém, sem homologar uma metodologia específica para estabelecimento de metas e nem penalidades para a concessionária que violasse os indicadores alvos.

No início dos anos 2000, ocorre a primeira alteração regulatória sobre o assunto através da publicação da Resolução ANEEL nº 024/2000, que mantém a apuração dos indicadores de DEC e FEC e cria os indicadores individuais por Unidade Consumidora: Duração Máxima das Interrupções (DMIC), Duração de Interrupções (DIC) e Frequência de Interrupções (FIC).
Em 2008, a ANEEL publica o Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST, através da Resolução Normativa n° 345/2008, onde são observados critérios de qualidade do

fornecimento de energia elétrica. Esse normativo mantém a metodologia da Resolução nº 024/2000, com alguns aperfeiçoamentos. Em 2009, ocorre a primeira revisão do módulo supracitado, cujas macro diretrizes são válidas até os dias atuais.

Nesse contexto, é de extrema importância a definição de metodologias de acompanhamento, controle e avaliação da qualidade da prestação de serviço de distribuição de energia elétrica.

Diversos órgãos reguladores globais utilizam métricas de avaliação da qualidade de fornecimento que são semelhantes às adotadas no Brasil. Entretanto, no cenário internacional, a regulação de qualidade de fornecimento tende a focar na qualidade do serviço para cada consumidor individualmente. Isso implica a imposição de penalidades às distribuidoras que descumpram os limites estabelecidos para indicadores individuais de continuidade, resultando em compensações financeiras para os consumidores afetados pela baixa qualidade do serviço. Além disso, a regulação internacional frequentemente estabelece padrões de qualidade mais rigorosos em regiões com melhores condições de atendimento, como áreas com maior densidade de consumidores (CEER, 2022; PÉREZ, 2017).

A literatura acadêmica e os estudos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) realizados por instituições do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) refletem o esforço para aprimorar a regulação da qualidade dos serviços. TANURE et al. (2006) sugere o uso de técnicas de clusterização e Data Envelopment Analysis (DEA) para definir os limites dos indicadores de continuidade, enquanto NETO (2012) propõem um sistema multivariável baseado em lógica fuzzy para o mesmo fim. Mais recentemente, COSTA et al. (2015) realizou uma análise estatística com testes de hipóteses, teoria de regressão linear e simulações de Monte Carlo para avaliar o modelo de benchmarking da ANEEL, e em COSTA et al. (2023) identificaram limitações significativas nas estimativas de eficiência ao aplicar restrições de peso em modelos DEA. DELAVECHIA et al. (2022) conduziram uma análise de sensibilidade dos parâmetros estatísticos para definir atributos físico-elétricos dos conjuntos de unidades consumidoras (UCs). De forma inovadora em relação às práticas atuais da ANEEL, SILVEIRA et al. (2023) realizou um estudo detalhado da regulação internacional e, baseando-se na técnica de clusterização, propôs uma nova abordagem para definir conjuntos elétricos com base na densidade de UCs por área geográfica, incorporando características técnicas, econômicas e socioambientais da área de atuação da distribuidora.

Além das pesquisas existentes, o recente interesse da ANEEL em aprimorar a regulamentação dos limites dos indicadores de continuidade dos conjuntos elétricos das

distribuidoras é notável. Isso foi evidenciado pela Tomada de Subsídio (TS) nº 022/2021, realizada em 2021, que marca o início da coleta de dados e informações sobre o tema para possíveis melhorias regulatórias. Esse processo destaca a importância do assunto para o SEB e a expectativa de um debate setorial abrangente envolvendo todos os agentes do setor.

1.2. Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)

O P&D é um Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica do qual a ANEEL regulamenta os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento do Brasil. (P&D ANEEL, 2021)

> "O objetivo do Programa de P&D é alocar adequadamente recursos humanos e financeiros em projetos que demonstrem a originalidade, aplicabilidade, relevância e a viabilidade econômica de produtos e serviços, nos processos e usos finais de energia. Busca-se promover a cultura da inovação, estimulando a pesquisa e desenvolvimento no setor elétrico brasileiro, criando novos equipamentos e aprimorando a prestação de serviços que contribuam para a segurança do fornecimento de energia elétrica, a modicidade tarifária, a diminuição do impacto ambiental do setor e da dependência tecnológica do país. (P&D ANEEL, 2021)"

Em 2024, um grupo de 18 distribuidoras cooperadas e três institutos de pesquisa, apresentaram alguns resultados do projeto PD-00063-3078/2022, com a participação da Equatorial Energia e financiando por recursos do P&D ANEEL. O projeto aborda diretamente a definição de limites para os indicadores de continuidade relativos à duração e à frequência equivalente das interrupções, DEC e FEC, respectivamente. Os fundamentos para elaboração de futura proposta de metas para os indicadores de continuidade do serviço têm como base em extensa revisão bibliográfica, um seminário internacional, um position paper, pesquisa direta com os consumidores e simulação de metodologias.

O Projeto de P&D, dentro do escopo dos projetos de P&D ANEEL, surge como proposta de distribuidoras da ABRADEE às diversas ações da ANEEL em audiências e consultas

públicas com o objetivo de discutir e aprimorar a metodologia de definição dos limites coletivos de continuidade do serviço.

Para tal, o projeto abrange algumas linhas de pesquisas concomitantes, entre as quais destacam-se:

- Pesquisa bibliográfica, partindo de desenvolvimentos anteriores (KAGAN & GOUVÊA & ALMEIDA & CYRILLO & SOUZA & BUTTO & MARTINS, 2015, p.269-345; CYRILLO, 2022, p. 163; PÉREZ, 2017, p. 164; FUMAGALLI & LO SCHIAVO & DELESTRE, 2009, p. 27) e verificando quais foram as novidades internacionais obtidas desde então;
- Seminário internacional, realizado em Brasília, com a presença de representantes das distribuidoras; das executoras do projeto (Siglasul e Enerq/USP); da ABRADEE e da ANEEL, e de palestrantes convidados, nominalmente: Luca Lo Schiavo, Marc Mcgranagham Derek Macfarlane e Fabrizio Pilo (Università di Cagliari, Itália), o qual também conduziu o seminário. Os temas abordados foram regulação da continuidade do serviço e a relação entre recursos energéticos distribuídos e a resiliência das redes elétricas. Os estudos de casos e as regulações foram de países da Europa e do EUA;
- *Position paper*, coordenado pelo professor Fabrizio Pilo, tratando dos avanços tecnológicos em continuidade do serviço e como a presença de recursos energéticos distribuídos e outros serviços afetam a qualidade do serviço na distribuição.
- Pesquisa junto ao consumidor para obter respostas, qualitativas e quantitativas, relativas às percepções dos consumidores sobre a continuidade do serviço. A pesquisa foi realizada com consumidores de baixa, média e alta tensão.
- Desenvolvimento de *software* para avaliação de possíveis metodologias e de seus possíveis impactos regulatórios.

1.3. Justificativa

Os conjuntos de unidades consumidoras de energia elétrica têm uma influência significativa na formulação das metas dos indicadores de continuidade, e, portanto, requerem uma consideração cuidadosa durante o processo de definição dessas metas. Com frequência, a definição dessas metas é orientada pelo conhecimento especializado de empresas de

consultorias do setor elétrico ou dos profissionais da empresa de distribuição. O *software* ANABENCH, inicialmente foi empregado pela ANEEL para a definição das metas de continuidade, era uma ferramenta exclusiva do órgão regulador, o que impedia que as empresas distribuidoras realizassem análises próprias sobre a configuração de conjuntos de unidades consumidoras (SANTOS, 2010). Isso limitou a capacidade dessas empresas de encontrar as configurações ideais que alinhariam as metas dos indicadores de continuidade com a realidade específica de cada distribuidora. Portanto, é evidente a necessidade de desenvolver uma metodologia que suporte as empresas de distribuição na tomada de decisões relacionadas à formação desses conjuntos de unidades consumidoras.

Sendo assim, fica evidenciada a necessidade de estabelecimento de outros atributos que minimizem a dispersão dos valores intra-cluster, condição esta fundamental na técnica de análise de clusters, de forma que se tenham agrupamentos de conjuntos mais homogêneos, o que permitirá uma redução de possíveis distorções existentes na metodologia atualmente utilizada pela ANEEL, evitando-se também, com isso, possíveis sinalizações de exigências de melhorias a um determinado conjunto em detrimento de outrem.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo Geral

Apresentar uma análise da metodologia vigente para definição dos limites de Continuidade do Fornecimento de Energia Elétrica no Brasil, que permita:

- À ANEEL dispor de um estudo com sinais regulatórios aderentes aos objetivos da regulação por incentivos, ao encontro das melhores práticas internacionais, para definição de limites coletivos de continuidade do serviço;
- Às distribuidoras seguirem, de forma sustentável, o sinal regulatório dado à qualidade do serviço, visando a aderência dos limites regulatórios à realidade das concessões.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Avaliação dos possíveis benefícios de eficiência no cumprimento dos limites regulatórios dos indicadores de continuidade para os sistemas elétricos da concessionária de distribuição Equatorial Energia Pará S.A. A análise será comparada com os limites estabelecidos pela metodologia atualmente utilizada pela ANEEL;

- Análise comparativa de 03 conjuntos elétricos da concessionária do estado do Pará com base na densidade de UCs, características de acesso e distância para a capital. Inclui também a análise do cumprimento regulatório desses limites, levando em conta o desempenho histórico.

1.5. Estrutura do Trabalho

Este trabalho está dividido em 6 capítulos, estruturado da seguinte forma:

O capítulo 1 discursa a ideia principal da dissertação trazendo contextos, propostas e objetivos do trabalho.

O capítulo 2 discursa a evolução da regulamentação de energia elétrica.

O capítulo 3 aborda a metodologia vigente, seus atributos e apresenta uma análise na metodologia para determinação da qualidade do serviço.

O capítulo 4 apresenta a avaliação do desempenho da qualidade das distribuidoras no Brasil.

O capítulo 5 apresenta dois estudos de caso.

Por fim, o capítulo 6 apresenta as considerações finais sobre o trabalho realizado e perspectivas futuras.

2 A REGULAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

Desde a primeira revolução industrial, a eletricidade desempenhou um papel importante no desenvolvimento da sociedade moderna (FURTADO, 2004). A energia elétrica, que pode ser utilizada em diversos campos como indústria, iluminação, agricultura e pecuária, tornou-se uma importante contribuição para o crescimento e desenvolvimento econômico de todos os países.

Com o aquecimento da economia, a melhoria da qualidade de vida e o aumento do número de consumidores conectados à rede, o sistema elétrico (SEP) visa garantir a disponibilidade de energia elétrica aos consumidores em determinados padrões de qualidade (confiabilidade), e segurança. Esses sistemas atuam tanto como produtores, convertendo a energia proveniente de fontes naturais, quanto como distribuidores, assegurando que a quantidade de energia demandada pelos consumidores esteja disponível em tempo real.

À medida que novas unidades consumidoras foram conectadas à rede, problemas como apagões, oscilações de tensão, oscilações de energia e danos a equipamentos tornaram-se mais comuns. Ao passo que os problemas de rede cresciam, houve a necessidade de criar órgãos reguladores (RUIZ, 2019).

Em 1977, o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) foi aprovado pelo Decreto nº 234 (RUIZ, 2019). Um órgão central superior responsável pelo planejamento, coordenação e condução de levantamentos hidrológicos em todo o país; para monitoramento, fiscalização e controle do uso da água alterando seu sistema; e para supervisão, controle e monitoramento dos serviços de energia elétrica (ANEEL, 2021a). Na década de 1990, com o crescimento do setor elétrico, o governo teve que criar regras regulatórias e de controle. Isso resultou na criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), órgão de regime especial vinculado ao Ministério de Minas e Energia, com sede e jurisdição no Distrito Federal, para regular e controlar a geração, transmissão e distribuição de energia e eletricidade, conforme política e diretrizes do governo federal (conforme ANEEL, 2021a).

Com os documentos por ele elaborados, foi criada a Ordem de Distribuição de Energia Elétrica no sistema elétrico nacional PRODIST, que é responsável pela regulação e padronização das funções técnicas relacionadas à operação dos sistemas de distribuição de energia elétrica (ANEEL, 2016). A partir desses procedimentos, a qualidade do serviço público

de distribuição prestado pelas concessionárias passou a ser regulamentada e a continuidade do fornecimento monitorada com iniciativas coletivas e individuais.

Sabendo da grande necessidade de energia elétrica no desenvolvimento da sociedade atual, a qualidade dos serviços oferecidos pelos comercializadores e a qualidade da energia fornecida aos consumidores é cada vez mais importante.

Temas relacionados a esse assunto são bastante relevantes e têm obtido cada vez mais destaque nos congressos e pesquisas científicas.

2.1. Indicadores de Continuidade de Fornecimento de Energia Elétrica

No Brasil o segmento de distribuição de energia elétrica é regulado e fiscalizado pela ANEEL. Cabe à agência propiciar as condições favoráveis ao desenvolvimento equilibrado do mercado brasileiro de energia, por meio da regulamentação dos serviços prestados pelas distribuidoras.

O artigo 3º do Anexo I do Decreto nº 2.335, de 06 outubro de 1997, estabelece, nos seguintes incisos, algumas das diretrizes a serem observadas pela ANEEL na execução de suas atividades finalísticas:

> II - Regulação e fiscalização realizadas com o caráter de simplicidade e pautadas na livre concorrência entre os agentes, no atendimento às necessidades dos consumidores e no pleno acesso aos serviços de energia elétrica;
> III - Adoção de critérios que evitem práticas anticompetitivas e de impedimento ao livre acesso aos sistemas elétricos;
> V - Criação de ambiente para o setor de energia elétrica que incentive o investimento, de forma que os concessionários, permissionários e autoriza- dos tenham asseguradas a viabilidade econômica e financeira, nos termos do respectivo contrato (BRASIL, 1997).

Dentre os mecanismos de regulação elaborados pela ANEEL, estão os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST). Constituem o

PRODIST onze módulos, que normatizam e padronizam as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica.

No Módulo 8 do PRODIST, são abordados, em três seções, os procedimentos relacionados à qualidade do produto, à qualidade do serviço prestado e à qualidade do tratamento de reclamações. No que tange à qualidade do serviço, na Seção 8.2 - Qualidade do Serviço, são definidos indicadores de continuidade do fornecimento de energia elétrica individuais e coletivos. A ANEEL utiliza os indicadores individuais para avaliar o desempenho de cada unidade consumidora individualmente, e coletivos para analisar o desempenho dos conjuntos de unidades consumidoras, além do desempenho das distribuidoras, estados, regiões e do país (ANEEL, 2021b).

Os indicadores individuais são apurados por unidade consumidora (UC) ou ponto de conexão e são os seguintes:

- DIC - duração de interrupção individual por unidade consumidora;
- FIC - frequência de interrupção individual por unidade consumidora;
- DMIC - duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora e
- DICRI - duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora.

As Equações 2.1 e 2.2 expressam a formulação para apuração dos indicadores DIC e FIC respectivamente:

$$DIC = \sum_{i=1}^{n} t(i) \qquad (2.1)$$

$$FIC = n \qquad (2.2)$$

Onde:

i = índice de interrupções da unidade consumidora ou por ponto de conexão no período de apuração, variando de 1 a n;

n = número de interrupções da unidade consumidora ou por ponto de conexão considerado, no período de apuração;

$t(i)$ = = tempo de duração da interrupção (i) da unidade consumidora considerada ou do ponto de conexão, no período de apuração.

Por sua vez, os indicadores de continuidade coletivos são apurados para cada conjunto de unidades consumidoras e estão discriminados a seguir:

DEC - duração equivalente de interrupção por unidade consumidora e
FEC - frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora.

As formulações dos indicadores DEC e FEC são expressas pelas Equações 2.3 e 2.4 respectivamente.

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{NUC} DIC(i)}{NUC} \quad (2.3)$$

$$FE\ C = \frac{\sum_{i=1}^{NUC} FIC(i)}{NUC} \quad (2.4)$$

Onde:
i = Índice da unidade consumidora, no período de apuração, variando de 1 a NUC
NUC = Número total de unidades consumidoras atendidas em BT ou MT faturadas do conjunto.

Além dos indicadores citados, são instituídos seus respectivos limites. Os limites de continuidade individuais são definidos pelas tabelas constantes no Anexo I da Seção 8.2 do Módulo 8 do PRODIST. É através dos limites coletivos (DEC e FEC) que se estabelecem os limites dos indicadores individuais, DIC, FIC e DMIC.

No que diz respeito aos limites dos indicadores de continuidade coletivos, esses são definidos por meio de uma metodologia de análise comparativa, a qual é apresentada na Nota Técnica nº 0102/2014-SRD/ANEEL.

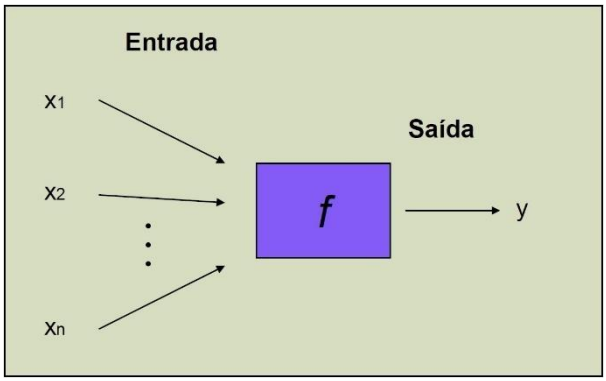
2.2. Definição dos Limites de DEC e FEC

Nesta seção são apresentados um breve histórico dos modelos de definição dos limites de DEC e FEC utilizados pela ANEEL e os principais aspectos da metodologia vigente.

2.1.1. Modelo Empregado a Partir de 2000

A regulamentação da continuidade da energia elétrica no Brasil iniciou-se com a Portaria DNAEE nº 046/78. A partir de 1978, os indicadores coletivos DEC e FEC começaram a ser acompanhados por conjuntos de unidades consumidoras, o que possibilitou a disponibilidade de um histórico de informações. Em 2000 a Resolução ANEEL nº 024/2000 introduziu importantes aperfeiçoamentos sobre o assunto e a apuração dos indicadores no setor de distribuição tornou-se uma prática consolidada.

Figura 1 - Mapeamento f entre entradas e saída de um sistema



Fonte: ANEEL (2010a).

Devido às incertezas associadas aos parâmetros de entrada, a formulação de um modelo funcional para o sistema da Figura 1 pode não ser algo simples. É possível citar alguns parâmetros não determinísticos, com probabilidade associada, como eventos climáticos e falhas em equipamentos. Alguns parâmetros são altamente dependentes da gestão da distribuidora, como a eficiência das equipes de atendimento emergencial. Ainda, há complexidade no mapeamento entre a entrada e a saída das variáveis, neste caso, na forma de relacionamento dos parâmetros com a saída do sistema (ANEEL, 2010a).

Considerando a existência de um histórico de valores dos indicadores DEC e FEC, a ANEEL estabeleceu, na Resolução nº 024/2000, uma metodologia comparativa que avalia o desempenho dos conjuntos para propor limites adequados. A premissa básica da metodologia é a seguinte, conjuntos semelhantes devem apresentar desempenho equivalente (ANEEL, 2010a).

A partir dessa premissa, não se faz necessário conhecer o relacionamento entre as variáveis de entrada e saída. O que se espera é que, uma vez definidos quais conjuntos são semelhantes, os desempenhos desses sejam equivalentes.

O método de comparação de desempenho proposto pela ANEEL é baseado em uma técnica estatística de formação de agrupamentos, denominados *clusters*, que permite identificar

conjuntos com características homogêneas. Esta técnica é utilizada quando não é possível estabelecer deterministicamente os valores assumidos pelas variáveis de um determinado problema. Essa metodologia permite superar uma desvantagem natural, decorrente da grande assimetria de informações em relação às distribuidoras, além de permitir a emulação de um ambiente concorrencial que visa a melhoria da qualidade de serviço das empresas (ANEEL, 2010a).

Para definir a semelhança entre os conjuntos, foram definidos cinco atributos físico-elétricos que os caracterizam, os quais são: área (km^2), extensão da rede primária (km), potência instalada (kVA), número de unidades consumidoras e consumo médio mensal (MWh). Com base nesses atributos, formam-se agrupamentos de conjuntos. Em cada *cluster* os conjuntos possuem características semelhantes, porém os indicadores de desempenhos verificados são diferentes. Em face disso, a metodologia define, para os conjuntos de cada *cluster*, os limites futuros de DEC e FEC, dentro de um determinado intervalo de tempo (ANEEL, 2010a).

A técnica utilizada para se determinar os limites de cada agrupamento, chamada de *Yardstick Competition*, consiste em fixar a referência do *cluster* a partir de um limite estatístico. Para conjuntos atendidos pelo Sistema Interligado Nacional (SIN), os limites correspondem aos valores observados no limite do espaço amostral dos 20% melhores conjuntos daquele *cluster*. No caso de conjuntos atendidos por sistemas isolados, a referência para o estabelecimento dos limites é a mediana do *cluster*, ou seja, o valor observado no espaço amostral de 50% dos conjuntos do referido cluster (ANEEL, 2010a).

Por fim, os limites de cada ano são projetados a partir de uma função exponencial decrescente, que partem dos limites previamente estipulados e chegam aos limites estabelecidos para o *cluster* em um período de oito anos. Esse tempo de transição considera o período médio de duas revisões tarifárias. Tanto o período de transição quanto a adoção dos percentis 20 e 50 são flexibilizações para o cumprimento dos limites de forma a garantir a coerência do método (ANEEL, 2010a).

2.1.2. Modelo Proposto na Consulta Pública nº 008/2010

No ano de 2009, a ANEEL abriu a Consulta Pública nº 043/2009 para obter subsídios e informações para o aprimoramento da regulamentação sobre a continuidade do fornecimento de energia elétrica na distribuição. Foram levantados questionamentos acerca da metodologia

que estabelece os limites para os indicadores DEC e FEC, como o método de clusterização, a definição de conjuntos de referência nos *clusters* para a fixação dos limites e a escolha dos atributos dos conjuntos. As principais contribuições foram elencadas no anexo à Nota Técnica nº 0064/2009-SRD/ANEEL (ANEEL, 2009). Tais contribuições embasaram a proposição de uma nova metodologia de definição de limites, apresentada em 2010 no contexto da Consulta Pública nº 008/2010. O documento anexo à Nota Técnica nº 028/2010-SRD/ANEEL reúne as contribuições da comunidade e a formulação do novo modelo (ANEEL, 2010a).

A metodologia proposta baseou-se nos seguintes passos: a) identificação dos atributos que melhor representem as distribuidoras; b) clusterização das distribuidoras (pré-clusterização); c) análise dos atributos que melhor representem os conjuntos; d) clusterização dos conjuntos das distribuidoras em cada pré-cluster; e) definição dos limites para os indicadores DEC e FEC (ANEEL, 2010a).

Nota-se que, diferentemente da metodologia anterior, optou-se por realizar duas etapas de seleção de atributos e de clusterização. Na primeira etapa, são considerados os dados gerais das distribuidoras com o intuito de considerar atributos que não estão disponíveis por conjunto de unidades consumidoras. Após passo que, na segunda etapa são considerados os dados relativos aos conjuntos (ANEEL, 2010a).

No primeiro passo realizou-se uma análise estatística para se determinar, dentre 28 variáveis previamente escolhidas, quais são os atributos mais relevantes para a pré-clusterização. O modelo escolhido foi a análise fatorial. Ao fim da análise, obtiveram-se 12 variáveis (ANEEL, 2010a).

No passo seguinte procedeu-se uma análise de colinearidade entre as variáveis obtidas no primeiro passo. A colinearidade indica a relação entre as variáveis independentes em uma análise de regressão e uma medida que expressa sua existência é o Fator de Inflação de Variância (VIF). Valores altos de VIF indicam alta colinearidade, que é prejudicial em análise de agrupamentos, pois equivale a aplicação de pesos diferenciados entre as características avaliadas (ANEEL, 2010a).

-

Figura 2 - Divisão dos três clusters obtidos com o método de Ward

Fonte: ANEEL (2010a).

No terceiro passo, de forma análoga ao primeiro, foi avaliado o poder descritivo de onze variáveis de 3241 conjuntos do Brasil. Após um processo de análise fatorial, foram selecionados seis atributos a serem utilizados na análise comparativa entre os conjuntos de unidades consumidoras (ANEEL, 2010a).

No quarto passo, os conjuntos, previamente classificados em três grupos, são submetidos a uma nova *clusterização*. Para isso, primeiro os dados foram padronizados de forma a terem média zero e desvio padrão unitário. Foram retiradas observações atípicas, denominadas *outliers*, de forma a evitar que subestações atípicas formem clusters com quantidades de conjuntos muito reduzidas (ANEEL, 2010a).

Após o tratamento dos dados, aplicou-se o método de clusterização não-hierárquico *k-means*. Para a definição do número ideal de clusters, adotou-se o método do centroide. Dessa etapa foram obtidos sete *clusters* para o primeiro pré-cluster, vinte para o segundo e cinco para o terceiro pré-cluster (ANEEL, 2010a).

Por fim, no quinto e último passo, foram definidos os limites de DEC e FEC para cada *cluster*, com base nos percentis 20 e 50 citados. Entretanto, optou-se por utilizar uma trajetória

linear decrescente até o valor alvo e não mais uma trajetória exponencial. Ainda, propôs-se um decaimento limitado a 15% ao ano, de forma a evitar uma redução brusca dos limites (ANEEL, 2010a).

Os passos aqui apresentados trata-se de um resumo da proposta apresentada na Nota Técnica nº 028/2010-SRD/ANEEL. Posteriormente a ANEEL realizou a Audiência Pública nº 046/2010 e novas propostas foram feitas. Em especial optou-se pela não adoção das etapas de pré-clusterização e de clusterização, conforme ANEEL (2010b). A metodologia efetivamente adotada no 3º Ciclo de Revisões Tarifárias Periódicas (3CRTP) é mostrada na Seção 2.2.3.

2.1.3. Modelo Empregado a Partir de 2011

Após as duas Consultas Públicas abertas pela ANEEL para a obtenção de contribuições da sociedade, a Agência Reguladora realizou a Audiência Pública nº 046/2010. Nessa ocasião, foram apresentadas novas propostas de aprimoramento da metodologia de definição dos limites dos indicadores de continuidade coletivos, por meio da Nota Técnica nº 0048/2010-SRD/ANEEL (ANEEL, 2010a).

Nessa revisão da metodologia de análise comparativa, a premissa básica mantém- se a mesma: conjuntos semelhantes devem apresentar desempenhos equivalentes. Assim, objetiva-se formar agrupamentos de conjuntos semelhantes com base em seus atributos.

Durante a Consulta Pública nº 008/2010 foram propostos quinze atributos descritores dos conjuntos. Na verdade, diversas são as variáveis que influenciam na continuidade do fornecimento de energia elétrica. Entretanto algumas premissas devem ser adotadas para a seleção de atributos, dentre as quais estão: possibilidade de definição clara no regulamento, facilidade de obtenção de forma sistemática e viabilidade de fiscalização (ANEEL, 2010b).
Devido à impossibilidade de obtenção de alguns atributos por conjunto, como Índice Pluviométrico Anual, Densidade de Descarga Atmosférica e Densidade de Estradas Pavimentadas, propôs-se uma etapa de clusterização de distribuidoras. Entretanto, devido ao descasamento geográfico e temporal de informações, tais atributos e a etapa de pré-clusterização foram descartados da metodologia (ANEEL, 2010b).

Definiram-se, então, sete atributos característicos dos conjuntos (ANEEL, 2010b):

• Área em quilômetros quadrados (km^2);

• Extensão da rede de média tensão (MT), segregada em urbana e rural, em quilômetros (km);

• Energia consumida nos últimos 12 meses, segregada pelas classes residencial, industrial, comercial, rural e outras classes, em megawatt-hora (MWh);

• Total de unidades consumidoras atendidas, segregada pelas classes residencial, industrial, comercial, rural e outras classes;

• Potência instalada (kVA);

• Padrão construtivo da rede (aérea ou subterrânea); e

• Localização (sistema isolado ou interligado).

A partir dos atributos físico-elétricos, os conjuntos são agrupados a partir de técnicas estatísticas que buscam dividir os elementos da população em clusters a partir da similaridade dos elementos de um dado grupo e da heterogeneidade em relação aos outros grupos. A medida de similaridade utilizada para avaliar a semelhança entre conjuntos em relação aos atributos selecionados é a distância euclidiana. Considerando que essa métrica é sensível a diferentes escalas ou magnitudes entre as variáveis, é necessária uma padronização dos dados. A padronização adotada é o escore Z, obtida pela subtração da média e divisão do desvio-padrão para cada variável (ANEEL, 2010b).

Diferentemente do que era realizado na metodologia anterior, em que se aplicava o método *k-means*, propôs-se a utilização do método de clusterização denominado dinâmico. O método dinâmico, visa comparar cada conjunto com os conjuntos mais semelhantes a ele. A principal diferença do método dinâmico é a de não haver a formação de agrupamentos fixos, ou seja, para cada conjunto é formado um cluster e realizada uma comparação independente (ANEEL, 2014a).

Para uma aplicação generalizada do método dinâmico é preciso estabelecer alguns critérios como (ANEEL, 2010b):

• Grau de heterogeneidade percentual permitida (refere-se à média das distâncias euclidianas dos conjuntos ao conjunto de referência);

• Número desejável de conjuntos que devem ser selecionados como semelhantes para aplicação da análise comparativa; e

- Número mínimo de conjuntos que devem ser selecionados como semelhantes para aplicação da análise comparativa.

Adota-se um valor máximo de heterogeneidade permitido para se limitar o número de conjuntos semelhantes selecionados para determinado conjunto. Dessa forma conjuntos menos semelhantes são desconsiderados da análise. A heterogeneidade percentual é definida pela Equação 2.5.

$$Heterogeneidade_i^P = \frac{Max\left(Dist_i^j\right)}{3\sqrt{k}} \quad (2.5)$$

Onde:

i - índice do conjunto de referência

j – índice do conjunto candidato a comparação com o conjunto i

$Dist_i^j i$ – Distância euclidiana do conjunto i para o conjunto j

k = Número de atributos que caracterizam o conjunto i;

Durante a aplicação do método dinâmico, além de se diferenciar os conjuntos localizados em sistemas isolados e interligados, também são diferenciados os conjuntos por padrão construtivo da rede entre aéreo e subterrâneo (ANEEL, 2010b).

Uma vez que os conjuntos estejam agrupados conforme suas características, são definidos os limites de DEC e FEC utilizando-se o critério dos percentis. Como forma de manter a melhoria contínua no modelo, o limite de um ano não pode ser superior ao limite estabelecido para o ano anterior. Assim os conjuntos com desempenho melhor do que a referência terá os limites mantidos no modelo (ANEEL, 2010b).

A última etapa da análise comparativa consiste na análise da consistência dos resultados. Os valores dos limites calculados são disponibilizados por meio de Audiência Pública. Após a análise das contribuições da Audiência Pública, os limites finais de DEC e FEC são estabelecidos (ANEEL, 2010b).

No ano de 2014 houve uma nova revisão da metodologia de análise comparativa, realizada durante a Audiência Pública nº 029/2014. A metodologia, que está em vigor desde 2015, é descrita no capítulo 3.

2.3. Considerações Finais

A regulação da distribuição de energia elétrica no Brasil é um processo complexo e dinâmico, fundamental para garantir a continuidade e a qualidade do fornecimento de energia em um contexto de crescente demanda. Desde a criação do DNAEE até a formação da ANEEL, diversas iniciativas foram implementadas para adaptar o sistema regulatório às necessidades de um setor em constante evolução. Os indicadores de continuidade, como DEC e FEC, desempenham um papel crucial na avaliação do desempenho das distribuidoras, permitindo que sejam identificadas áreas de melhoria e assegurando um serviço de qualidade para os consumidores.

A evolução das metodologias de definição de limites para esses indicadores demonstra um comprometimento com a transparência e a justiça no setor, promovendo um ambiente competitivo que favorece a inovação e o investimento. No entanto, os desafios persistem, especialmente em um cenário marcado por eventos climáticos extremos e o crescimento da demanda energética. Portanto, é essencial que a ANEEL e outros órgãos reguladores continuem a aprimorar suas práticas, incorporando novas tecnologias e abordagens que garantam a resiliência do sistema elétrico.

A regulação da distribuição de energia elétrica no Brasil evoluiu significativamente ao longo dos anos, refletindo a crescente complexidade e demanda do setor elétrico. Com o aumento do número de consumidores e os desafios associados, a ANEEL implementou uma série de normas e indicadores para garantir a continuidade e qualidade do fornecimento de energia. Os indicadores de continuidade, como DIC, FIC, DEC e FEC, se tornaram ferramentas essenciais para monitorar o desempenho das distribuidoras e assegurar a confiabilidade do sistema elétrico nacional.

Além disso, a implementação do PRODIST e a definição de limites para os indicadores de continuidade mostram o compromisso da ANEEL em promover um ambiente de concorrência saudável, que não só atenda às necessidades dos consumidores, mas também incentive melhorias contínuas no setor.

3 MODELO VIGENTE DA DEFINIÇÃO DE LIMITES

Em 2009 a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 395/2009, criando o Sistema de Informação Geográfica Regulatório (SIG-R). O SIG-R consiste em um agregado de sistemas e bases de dados reunidas pela ANEEL que permitem a obtenção de diversas informações do sistema de distribuição e de seus usuários. Compõem o SIG-R dois principais elementos: a Base de Dados Geográfica da Distribuidora (BDGD) e Dicionário de Dados ANEEL do SIG-R (DDA), além de outras bases de dados que possibilitam ampliar o escopo de análise das informações por parte da Agência Reguladora (ANEEL, 2021a).

A partir de 2011, as distribuidoras passaram a ter a obrigatoriedade de encaminhar anualmente a BDGD, onde estão contidos seus dados de ativos e consumidores de forma geográfica, propiciando à ANEEL ter informações detalhadas de seus sistemas. A estrutura dos dados e o conjunto mínimo de informações que compõem a BDGD está definidos no Módulo 10 do PRODIST (ANEEL, 2014b).

De posse desse amplo conjunto de informações disponíveis, a Agência vislumbrou a possibilidade de melhorias na metodologia de definição dos limites de DEC e FEC, especialmente em relação aos atributos dos conjuntos. No decorrer do 3º Ciclo de Revisões Tarifárias Periódicas, também foram identificados outros pontos de aprimoramento necessários à metodologia.

Nesse contexto, em 2014, a ANEEL realizou a Audiência Pública nº 029/2014 para receber contribuições de agentes, empresas e associações do setor elétrico, visando alterar a metodologia empregada até então. As Notas Técnicas nº 0059/2014-SRD/ANEEL e nº 0102/2014-SRD/ANEEL relatam os aperfeiçoamentos necessários à metodologia e as contribuições apresentadas. A partir dos resultados da Audiência Pública nº 29/2014, estabeleceu-se a metodologia a ser adotada na definição dos limites dos indicadores coletivos de continuidade que seriam utilizados à partir do 3º CRTP.

Esta metodologia se baseia na comparação de desempenho dos conjuntos de unidades consumidoras considerados semelhantes, sendo que os conjuntos são definidos, em geral, como a área de abrangência de uma Subestação de Distribuição (SED) de propriedade da Distribuidora, com primário em Alta Tensão (AT) e secundário em Média Tensão (MT). Os critérios para criação, agregação e divisão dos conjuntos estão estabelecidos pela ANEEL na Seção 8.2 do Módulo 8 do PRODIST.

A identificação dos conjuntos comparáveis é realizada por meio do método clusterização dinâmico e leva em consideração 7 atributos para definir o grau de semelhança entre os conjuntos. Esse método é aplicado somente entre os conjuntos aéreos, enquanto os conjuntos subterrâneos formam um único grupo.

Uma vez identificados quais são os conjuntos comparáveis a cada conjunto de referência, determina-se os limites dos indicadores coletivos, com base no desempenho verificado dos conjuntos comparáveis considerados *benchmarking* (em geral, aqueles que estão posicionados no 2º decil do grupo de comparáveis, ordenados da melhor para a pior *performance*). O fluxograma da Figura 3 mostra os principais elementos da metodologia.

Figura 3 - Fluxograma da definição dos limites de DEC/FEC

Fonte: (autora)

Os conjuntos são caracterizados por atributos, os quais serão extraídos das BDGD e de outras bases de dados constituintes do SIG-R disponíveis na ANEEL (ANEEL, 2021b). Os atributos considerados para determinação das metas de qualidade possuem, em tese, correlação com os indicadores DEC e FEC, sendo condicionantes da continuidade do serviço. Em síntese, os sete atributos atualmente utilizados, listados na Tabela 1, representam características físicas da rede e do mercado de cada conjunto e são extraídos da Base de Dados Geográfica da Distribuidora (BDGD) e outras bases de informações, tais como Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - Probio (2008). Já os dados de precipitação são obtidos no site do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE, de 1999 a 2012.

Tabela 1 - Atributos utilizados pela ANEEL na metodologia vigente

Nº	**Atributo**	**Unidade**
1	Precipitação Pluviométrica Média Anual	mm
2	Percentual de área com vegetação remanescente alta ou média	%
3	Percentual de Unidade Consumidoras (UC) em áreas de Alta Densidade	%

4	Percentual de Redes de Média Tensão (MT) trifásica	%
5	Consumo Médio por UC da Classe Residencial	MWh
6	Número de UC da Classe Industrial (exclusivo para DEC)	-
7	Número de UC da Classe Comercial (exclusivo para FEC)	-

A metodologia pode ser dividida em quatro etapas, as quais serão apresentadas nas seções seguintes (ANEEL, 2014b):

- Seleção e extração dos atributos a serem utilizados pela metodologia;
- Aplicação do método dinâmico para definição dos conjuntos semelhantes;
- Avaliação dos conjuntos heterogêneos;
- Avaliação das trajetórias de redução intensas.

3.1. Seleção dos Atributos

Na seleção dos atributos realizada pela ANEEL, utilizou-se uma técnica estatística de regressão. Para tanto, levantou-se uma base de dados com 146 atributos distintos mais atuais até o ano de 2014 de 43 distribuidoras do Brasil. Após uma análise de correlações dos atributos com os indicadores DEC e FEC, e análise de correlações, 69 atributos foram utilizados na regressão. Adotou-se então o procedimento de seleção *stepwise* para a escolha dos atributos mais relevantes para cada indicador de continuidade, tomando-se como variável dependente o próprio indicador. Assim, realizou-se os procedimentos separadamente, um com variável dependente, indicador DEC; e, posteriormente, o mesmo procedimento foi realizado para o FEC (TERCEIRO, 2024).

Para a aplicação da técnica de regressão, foi utilizado o software estatístico SAS® *Enterprise Guide* 6.1 (ANEEL,2014b). Assim, realizou-se a análise visando avaliar quais atributos melhor explicam a variabilidade dos indicadores DEC e FEC, sendo considerada a média dos indicadores apurados dos conjuntos dos anos de 2011, 2012 e 2013 (TERCEIRO, 2024).

Na estimação pelo procedimento de seleção *stepwise*, os atributos foram inseridos passo a passo no modelo, de acordo com sua contribuição adicional para a explicação geral do indicador em análise. A cada nova variável inserida, foi calculada a significância de cada

atributo. Progressivamente, com a inclusão de uma nova variável, algumas variáveis anteriormente inseridas acabaram deixando de ser significativas, sendo retiradas do (CONSTANTI,2013) (ANEEL, 2010) modelo. Dada a grande quantidade de variáveis testadas para a definição do modelo, a ANEEL adotou rigor, estabelecendo o nível de significância de 1% para a variável entrar ou sair do modelo (TERCEIRO, 2024).

Após a análise, restaram ao todo 7 variáveis que foram escolhidas para caracterização dos conjuntos de unidades consumidoras e para a formação dos clusters, sendo 6 para DEC, e 6 para FEC, como são mostrados na Tabela 1.

Destaca-se que no estudo realizado pela ANEEL (2014), para a definição de área de alta densidade a ser considerada para compor o atributo de Percentual de número de UC sem áreas de alta densidade (PC_NUC_AD), são construídas quadrículas com 1 km^2 de área sobre as redes elétricas da distribuidora. Considera-se então, que a quadrícula é de alta densidade se possuir densidade superior a 60 UC/km^2, considerando as unidades consumidoras de MT e BT, conforme são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Atributos selecionados para a metodologia comparativa de definição delimites dos indicadores de continuidade DEC e FEC

DEC		**FEC**	
Sigla	**Atributo**	**Sigla**	**Atributo**
PC_VRAM	Percentual de área com vegetação remanescente altaou média (%)	PC_VRAM	Percentual de área com vegetação remanescente altaou média (%)
PLUV	Precipitação pluviométrica média anual (mm)	PLUV	Precipitação pluviométrica média anual (mm)
PC_ERMT_3F	Percentual de redes MT trifásicas (%)	PC_ERMT_3F	Percentual de redes MT trifásicas (%)
CM_NUC_RES	Consumo médio por UC da classe residencial (MWh)	CM_NUC_RES	Consumo médio por UC da classe residencial (MWh)
PC_NUC_AD	Percentual de número de UCs em áreas de alta densidade (%)	PC_NUC_AD	Percentual de número de UCs em áreas de alta densidade (%)
NUC_IND	Número de UCs da classe industrial	NUC_COM	Número de UCs da classe comercial

Fonte: (ANEEL,2014b)

3.2. Extração dos valores para atributos

A extração dos dados dos atributos elétricos e comerciais dos conjuntos elétricos é realizada a partir das informações das Bases de Dados Geográficas das Distribuidoras (BDGD) encaminhadas anualmente pelas distribuidoras à ANEEL por meio do Sistema de Informações Geográficas Regulatório (SIG-R). Além dos dados do SIG-R, para a extração dos dados de atributos ambientais são utilizadas bases de vegetação e precipitação pluviométricas disponíveis no Ministério do Meio Ambiente e no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, respectivamente (ANEEL,2014b).

Para a obtenção das informações, são realizadas operações diversas com auxílio do software ArcMap™ do pacote ArcGIS 10.1 da Esri® (ESRI,2011), visando obter a quantificação de cada um dos atributos da T1 por conjunto de unidades consumidoras. Destaca-se ainda que os dados disponibilizados e utilizados pela ANEEL no último CRTP das distribuidoras para o atributo PC_VRAM são do ano de 2008 e para o atributo PLUV são do ano de 2012 (TERCEIRO, 2024).

3.3. Aplicação do Método Dinâmico

O método dinâmico visa comparar cada conjunto com os conjuntos mais semelhantes a ele. A trajetória de limites dos indicadores de continuidade de cada conjunto é calculada com base nos indicadores de um conjunto caracterizado como de referência. Considerando que há um atributo distinto dentre os 6 que foram definidos para caracterizar os dois indicadores, o atributo NUC_IND é utilizado para o DEC, enquanto que o NUC_COM é utilizado para FEC, sendo que o método é aplicado separadamente para os indicadores DEC e FEC (TERCEIRO, 2024).

Para cada indicador, inicialmente são padronizados os 6 atributos adotados.A padronização utilizada é o *Z-score*, a qual transforma cada variável em uma nova variável com média zero e desvio padrão unitário. Essa padronização é necessária para remover o efeito da escala da unidade de medida de cada atributo e promover uma padronização dos dados. Calcula-se a distância entre cada vetor de atributos de um conjunto para todo o universo de vetores de atributos de conjuntos do Brasil. Ressalta-se, no entanto, que os conjuntos aéreos e subterrâneos são utilizados em análises distintas na etapa de

comparação, de modo que conjuntos aéreos só sejam comparados com conjuntos aéreos, e conjuntos subterrâneos só sejam comparados com subterrâneos.

Cria-se então uma matriz de distâncias, de tamanho $N \times N$, onde N é a quantidade de conjuntos considerados. Conforme apresentado em ANEEL(2011), a ANEEL adotou o número máximo de 100 conjuntos e o número mínimo de 50 conjuntos para a formação de um agrupamento (*cluster*). Assim, cada conjunto é comparado a um número entre 50 e 100 conjuntos mais próximos, observando-se o grau percentual de heterogeneidade entre os conjuntos do *cluster*. O grau percentual de heterogeneidade máximo adotado, com base análisesestatísticas apresentadas em ANEEL (2011), é de 20%.

Caso o valor de heterogeneidade calculado para os 100 conjuntos mais próximos ao conjunto em análise supere 20%, o conjunto mais distante é retirado da análise, e a heterogeneidade é novamente calculada. Entretanto, considera-se 50 conjuntos como o número mínimo de conjuntos comparáveis. Logo, mesmo que o valor de heterogeneidade ainda permaneça superior a 20%, ao chegar a 50 conjuntos não é retirado mais nenhum conjunto do agrupamento, conforme demostrado na Tabela 3. Nesse caso, considera-se que a comparação obtida não foi a ideal, sendo o conjunto em análise classificado como *conjunto heterogêneo* (TERCEIRO, 2024).

Tabela 3 - Parâmetros do método dinâmico para os conjuntos elétricos

Parâmetro	**Valor**
Heterogeneidade	20%
Número mínimo de conjuntos semelhantes	50
Número máximo de conjuntos semelhantes	100

Fonte: (ANEEL,2011)

Definidos os conjuntos semelhantes ao conjunto $\mathbf{x_i}$ em análise, parte-se para a definição dos limites dos indicadores de continuidade. Utilizando-se da técnica denominada *yardstick competition*, a ANEEL define o valor de referência dos indicadores para o conjunto $\mathbf{x_i}$. Para conjuntos interligados aéreos, a ANEEL definiu o segundo decil (vigésimo percentil) dos indicadores dos conjuntos no agrupamento C como o limite objetivo do conjunto $\mathbf{x_i}$. Para conjuntos aéreos isolados, adota-se o quinto decil (quinquagésimo percentil). No caso dos conjuntos subterrâneos, que são comparados apenas entre si, também se adota o percentil

quinto decil como limite objetivo. Os percentis são obtidos ordenando-se os conjuntos de acordo com a média dos desempenhos apurados dos indicadores DEC e FEC para os três últimos anos civis disponíveis. O período de transição foi definido pela ANEEL levando em consideração as características de cada sistema e a variação de desempenho requerida, adotando-se o período médio de duas revisões tarifárias (ANEEL,2021a). Define-se então que o período de tempo de transição para que o conjunto alcance o limite objetivo deve ser de 8 anos.

3.4. Avaliação dos Conjuntos Heterogêneos

Para os conjuntos heterogêneos, quais sejam aqueles cuja heterogeneidade percentual excede 20% e a quantidade de conjuntos do *cluster* é igual ao valor mínimoestabelecido de 50 conjuntos, é aplicada uma métrica denominada *Score ANI* criada por ANEEL(2014), visando definir se o conjunto em análise possui características mais favoráveis ou menos favoráveis que os conjuntos de seu agrupamento (TERCEIRO, 2024).

Para o cálculo do *Score* ANI, primeiramente normaliza-se individualmente cada atributo do conjunto em análise, tendo em conta cada conjunto do Brasil, de modo a que o conjunto com o atributo mais desfavorável receba para esse atributo o valor 100%, enquanto o conjunto com o atributo menos desfavorável receba o valor 0%. Denomina-se essa grandeza normalizada como Atributo Normalizado Individual (ANI). Essa grandeza, entretanto, é fortemente influenciada por valores extremos nos dados, denominados *outliers*. Desse modo, para o cálculo do ANI, os *outliers* são retirados da base de dados. A ANEEL (2014) define, para esse caso, que um *outlier* é um valor que excede a média mais três vezes o desvio padrão de um determinado atributo. Assim, os conjuntos que possuam qualquer atributo como *outlier* são inicialmente retirados do universo de conjuntos que participam do método comparativo (TERCEIRO, 2024).

Notoriamente, as complexidades na prestação do serviço de distribuição podem claramente aumentar ou diminuir conforme o valor de um atributo melhora ou piora, dependendo da natureza da grandeza envolvida. Dessa forma, para atributos que apresentam maior complexidade operacional à medida que seu valor aumenta, o cálculo do ANI segue a Equação (2.6). Por outro lado, para atributos que demonstram menor complexidade operacional com o aumento do seu valor, o ANI é determinado pela Equação (2.7).

$$ANI_{i,l} = \frac{x_{i,l} - x_{lMin}}{x_{lMax} - x_{lMin}} \, 100 \, [\%] \tag{2.6}$$

$$ANI_{i,l} = \left(1 - \frac{x_{i,l} - x_{lMin}}{x_{lMax} - x_{lMin}}\right) 100 \, [\%] \tag{2.7}$$

Onde x_{lMin} e x_{lMax} representam o valor mínimo e máximo do atributo l na base dados, respectivamente.

Para determinar se a complexidade operacional aumenta ou diminui em função do valor de um atributo, foi utilizado o sinal da correlação de Pearson, conforme a análise realizada por ANEEL (2014), que relaciona o atributo aos indicadores DEC e FEC. A Tabela 4 exibe os sete atributos selecionados para a aplicação da metodologia.

Tabela 4 - Equações utilizadas para cálculo do ANI dos atributos selecionados para a metodologia comparativa

Sigla	**Atributo**	**Equação para cálculo do ANI**
PC_VRAM	Percentual de área com vegetação remanescente alta ou média (%)	Equação (2.6)
PLUV	Precipitação pluviométrica média anual (mm)	Equação (2.6)
PC_ERMT_3F	Percentual de redes MT trifásicas (%)	Equação (2.7)
CM_NUC_RES	Consumo médio por UC da classe residencial (MWh)	Equação (2.7)
PC_NUC_AD	Percentual de número de UCs em áreas de alta densidade (%)	Equação (2.7)
NUC_IND	Número de UCs da classe industrial	Equação (2.7)
NUC_COM	Número de UCs da classe comercial	Equação (2.7)

Uma vez obtidos os ANI para todos os atributos de todos os conjuntos da base de dados, calcula-se, para cada conjunto heterogêneo, um indicador que determina se esse conjunto possui, em média, atributos mais ou menos favoráveis em relação aos conjuntos de seu *cluster*. Para tanto, os ANI de cada atributo do conjunto heterogêneosão subtraídos dos ANI médios de cada atributo dos conjuntos de seu *cluster*. O *Score ANI* determina se um

conjunto heterogêneo possui, em média, atributos que ofertam maior complexidade operacional (*Score ANI* positivo) ou menor complexidade operacional (Score ANI negativo), quando comparado aos conjuntos do seu *cluster*. Desse modo, utiliza-se o Score ANI para modificar o percentil que define o benchmarking do conjunto heterogêneo, de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5 - Variação nos percentis a serem utilizados para conjuntos heterogêneos com base no *Score ANI*

Score ANI	**Variação do Percentil**
$\leq -3\%$	-10%
$\geq -3\%$ e $< 3\%$	0%
$\geq 3\%$ e $< 6\%$	+10%
$\geq 6\%$ e $< 9\%$	+20%
$\geq 9\%$	+30%

3.5. Avaliação das trajetórias de redução intensas

A avaliação das trajetórias de redução intensas dos limites a serem definidos para os indicadores coletivos de continuidade consiste em estabelecer um limitador para a trajetória de redução a ser estabelecida para os conjuntos de modo a garantir que a redução desses limites ao longo do ciclo tarifário seja gradual e factível.

Uma das premissas mais importantes da metodologia adotada pela ANEEL é a de que conjuntos semelhantes devem apresentar desempenhos semelhantes, uma vez que os recursos tarifários concedidos às distribuidoras são equivalentes. Assim estima-se que a melhoria de desempenho dos indicadores estabelecida pela metodologia, deva ser gradual e com base na comparação com o desempenho de conjuntos com características semelhantes, não requer a aplicação de recursos adicionais aos já contidos na tarifa da distribuidora, uma vez que outras distribuidoras já conseguem atingir tal desempenho com os mesmos recursos. Busca-se, portanto, que a distribuidora que tenha uma trajetória definida aplique de forma mais eficiente seus recursos, melhorando a qualidade do serviço. Essa trajetória de redução precisa ser gradual, pois caso contrário, poderá incorrer na necessidade de aplicação de recursos adicionais pela distribuidora. Para alguns conjuntos nos quais os limites atuais estão distantes dos limites objetivo do agrupamento, são estabelecidas trajetórias de redução pela

metodologia atual que eventualmente podem não ser factíveis, a menos que haja a aplicação de uma grande quantidade de recursos pela distribuidora em um período curto, o que pode não ser desejável do ponto de vista tarifário (ANEEL,2014a).

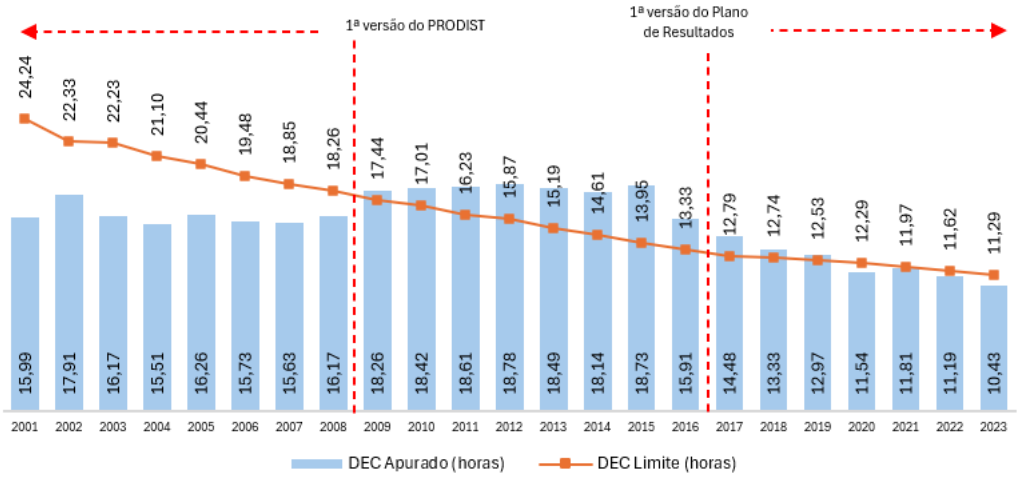
Desta forma, para avaliação das trajetórias de redução intensas dos limites e estabelecimento de um limitador, a ANEEL (2014) analisou o desempenho dos conjuntos no período de 2011 a 2013 (após a mudança dos critérios de formação de conjuntos), verificando-se aqueles que obtiveram os melhores resultados. Foi selecionado então o percentil 90 dos conjuntos que melhoraram com o limitador, de modo que na conclusão da análise, a ANEEL adotou como limitador de redução de trajetória de limites os valores de 8 horas para o indicador DEC (V8) e 5 interrupções para o indicador FEC. Assim,caso a trajetória de redução obtida da comparação entre conjuntos possua diferenças superiores a 8 horas e 5 interrupções em anos sucessivos, limita-se a redução a esses valores (TERCEIRO, 2024).

Após a definição das metas regulatórias de qualidade por conjunto, a ANEEL aplica uma trajetória de decréscimo linear em até 8 anos para definição dos limites anuais de cada conjunto, a partir de seus valores de metas vigentes.

3.6. Evolução do desempenho da Qualidade do Serviço

A Figura 4 apresenta a evolução histórica da falta de homogeneidade no tratamento dispensado à qualidade ao longo do tempo, de 2001 a 2023, apresentando a média do indicador DEC apurado e limite para as distribuidoras brasileiras de energia elétrica. De modo geral, três períodos podem ser destacados: (i) de 2001 a 2008, quando foi lançada a primeira versão do PRODIST; (ii) de 2009 a 2015, quando se inaugurou a primeira versão do Plano de Resultados; e (iii) a partir de 2016, que marca o início do plano de resultados.

Figura 4 - Evolução do DEC apurado e limite no Brasil



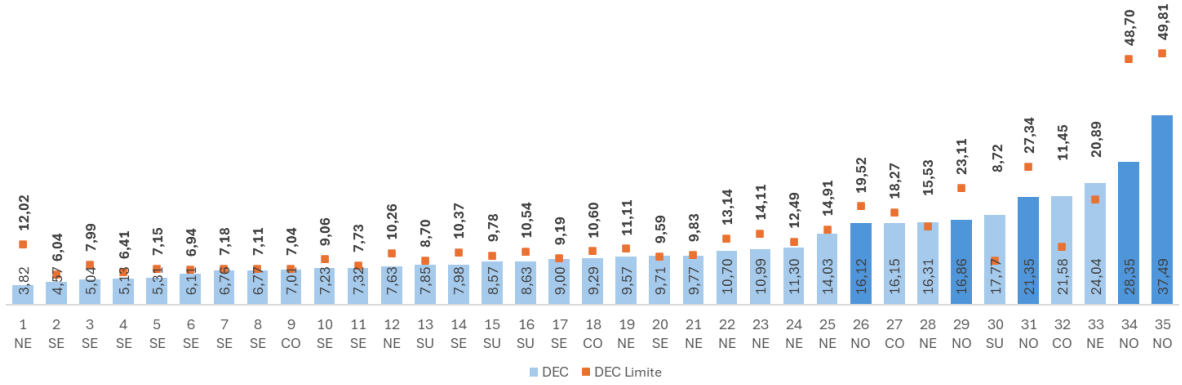
Fonte: autora

Até 2008, quando foi lançada a primeira versão do PRODIST, não havia um critério padronizado aplicado às distribuidoras para calcular os indicadores de qualidade do serviço e cada empresa possuía procedimento específico para apuração dos tempos de interrupções. Isto tornava os dados, prévios a esta data, potencialmente questionáveis e acarretava precariedade tanto na contabilização destes indicadores, como nas metas estabelecidas à época. Apesar de tais críticas, observa-se na Figura 4 que os limites de DEC foram atendidos, de modo global, em todos os anos analisados de 2001 a 2008.

A partir de 2009, quando os indicadores coletivos passaram a ser apurados com base nos critérios definidos pelo PRODIST, as distribuidoras mantiveram uma performance de DEC de, aproximadamente, 18 horas por sete anos (entre 2009 e 2015), valor superior aos limites regulatórios estabelecidos durante esse período. Tal fato impulsionou o órgão regulador, em 2015, a convocar as concessionárias com piores performances a apresentarem um plano de ações voltado à melhoria da qualidade do serviço (Plano de Resultados). Foi somente a partir de 2020 que houve o enquadramento do DEC nacional ao limite regulatório.

Contudo, apesar de atender aos limites globais estabelecidos pela ANEEL, observa-se que o grau de descolamento das metas e valores apurados é diferente entre as distintas distribuidoras de grande porte, conforme pode ser visto no ranking de 2023 apresentado na Figura 5, onde a identificação das distribuidoras foi omitida. Observa-se que as empresas com melhores desempenhos, por serem *benchmarking*, têm uma margem muito pequena em relação aos limites regulatórios definidos pela ANEEL.

Figura 5 - DEC Apurado e DEC Limite por distribuidora de grande porte, em 2023



Fonte: autora

Os dados apresentados na Figura 5 mostram que as concessionárias com melhores desempenhos têm atualmente limites desafiadores. Caso a metodologia avance no sentido de melhoria contínua dos indicadores, certamente haverá transgressão dos indicadores num futuro próximo, dado que essas empresas podem estar no limiar de melhoria face ao padrão tecnológico de suas redes de distribuição. Há de se considerar também que existem distribuidoras com metas elevadas, sendo um desafio o seu alcance dado a complexidade e dispersão de suas áreas de atuação e a pouca capacidade de pagamento da sociedade.

Ademais, outro aspecto importante de ser mencionado é que os Planos de Resultados e Ranking DGC, têm implicado no dispêndio de volumosos investimentos, que terminam por onerar as tarifas futuras sem uma devida avaliação de sua racionalidade econômica sob a ótica do consumidor. E, ainda, agrava-se o fato de a exigência regulatória não observar a capacidade da concessão de arcar com os recursos requeridos para a melhoria da qualidade do serviço.

3.7. Considerações Finais

A análise do modelo vigente para a definição de limites dos indicadores de continuidade DEC e FEC, conforme estabelecido pela ANEEL, revela um avanço significativo na padronização e na metodologia de avaliação das distribuidoras de energia elétrica no Brasil. A implementação do Sistema de Informação Geográfica Regulatório (SIG-R) e a obrigatoriedade de envio da Base de Dados Geográfica da Distribuidora (BDGD) são passos cruciais para garantir que a ANEEL disponha de informações abrangentes e detalhadas sobre a operação e a infraestrutura das distribuidoras.

As metodologias de clusterização e seleção de atributos demonstram um esforço em criar um ambiente regulatório mais justo e eficiente, onde conjuntos de unidades consumidoras são comparados de maneira dinâmica. Essa abordagem não apenas melhora a transparência dos processos, mas também incentiva as distribuidoras a adotarem práticas que promovam a continuidade do serviço com qualidade.

Entretanto, as críticas ao modelo evidenciam desafios que ainda precisam ser enfrentados. A heterogeneidade dos conjuntos e a pressão para que as distribuidoras alcancem metas ambiciosas levantam questões sobre a viabilidade econômica de tais exigências. A aplicação de Planos de Resultados, embora necessária, pode gerar um ônus financeiro que impacta diretamente nas tarifas dos consumidores, sem garantir uma melhoria proporcional na qualidade do serviço.

A evolução histórica dos indicadores de continuidade, observada nas análises de desempenho, reflete não apenas os avanços na regulação, mas também a necessidade de um equilíbrio entre a eficiência operacional das distribuidoras e a capacidade de investimento do setor. É essencial que futuras revisões metodológicas considerem não apenas a performance das distribuidoras, mas também a complexidade das áreas atendidas e a realidade econômica dos consumidores.

Em suma, a metodologia em vigor representa um marco na regulação do setor elétrico, mas exige um acompanhamento contínuo e uma avaliação crítica para garantir que a melhoria dos serviços seja sustentável e beneficie todos os envolvidos no sistema. A busca por um padrão de qualidade que atenda tanto às necessidades das distribuidoras quanto às expectativas dos consumidores deve ser um objetivo constante da ANEEL e do setor elétrico como um todo.

4 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA QUALIDADE DAS DISTRIBUIDORAS NO BRASIL

A avaliação do desempenho da qualidade das distribuidoras de energia elétrica pela ANEEL é um processo meticuloso e detalhado, projetado para assegurar que as empresas forneçam um serviço de qualidade aos consumidores. A seguir está uma descrição geral de como essa avaliação é conduzida:

4.1. Definição de Indicadores de Qualidade

ANEEL utiliza uma série de indicadores para medir a qualidade do serviço das distribuidoras. Os principais indicadores são:

- DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora): mede o tempo médio de interrupção do fornecimento de energia por cliente, expresso em horas;

- FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora): mede o número médio de interrupções de fornecimento por cliente, geralmente expresso em número de vezes por ano.

4.2. Coleta de dados, análise e cálculo de indicadores

As distribuidoras são obrigadas a reportar dados sobre interrupções de fornecimento, como a frequência e a duração das interrupções, em intervalos regulares. Esses dados são coletados e consolidados pela ANEEL.

A ANEEL realiza análises detalhadas dos dados coletados para calcular os indicadores DEC e FEC. Este processo envolve:

- Normalização dos Dados: Ajustes são feitos para garantir que as comparações entre diferentes distribuidoras sejam justas, considerando variáveis como tamanho da área de concessão e características geográficas.

- Cálculo dos Indicadores: A ANEEL calcula o DEC e o FEC com base nos dados fornecidos pelas distribuidoras, avaliando o desempenho em relação aos padrões estabelecidos.

4.3. Estabelecimento de Metas Regulatórias

Com base nos cálculos dos indicadores, a ANEEL define metas regulatórias para cada distribuidora. Essas metas são projetadas para garantir que as distribuidoras mantenham um nível de serviço que atenda às expectativas dos consumidores e às normas regulatórias.

4.4. Monitoramento Contínuo

A ANEEL realiza o monitoramento contínuo das distribuidoras para assegurar que elas cumpram as metas estabelecidas, isso inclui:

- Revisões Periódicas: Verificações regulares para avaliar se os indicadores estão dentro dos limites aceitáveis.
- Relatórios de Desempenho: As distribuidoras devem fornecer relatórios periódicos sobre o desempenho dos indicadores.

4.5. Aplicação de Penalidades e Recompensas

Se uma distribuidora não atender às metas de qualidade estabelecidas, a ANEEL pode aplicar penalidades, que podem incluir multas ou ajustes nas tarifas. Por outro lado, distribuidoras que excedem as expectativas podem receber incentivos.

4.6. Revisão e Atualização das Metodologias

Periodicamente, a ANEEL revisa e atualiza as metodologias de avaliação para refletir mudanças nas condições do setor e melhorar a precisão e justiça das avaliações. Isso pode incluir ajustes nas fórmulas de cálculo dos indicadores ou mudanças nos critérios de avaliação.

4.7. O Ranking do DGC – Desempenho Global de Qualidade

Em 2011, a ANEEL introduziu o sistema de Ranking de Desempenho de Gestão Comercial (DGC), como parte de um esforço contínuo para aprimorar a transparência e a eficiência no setor de distribuição de energia elétrica. O Ranking DGC foi desenvolvido com o

objetivo de avaliar e classificar o desempenho das distribuidoras de energia em aspectos relacionados à gestão comercial, que incluem a qualidade do atendimento ao cliente, a eficiência na resolução de demandas e a gestão de processos comerciais.

O Ranking DGC visa oferecer uma avaliação detalhada das práticas comerciais das distribuidoras, incentivando-as a melhorar continuamente suas operações e a proporcionar um melhor atendimento aos consumidores.

A metodologia do ranking é baseada em indicadores de desempenho específicos que refletem diversos aspectos da gestão comercial, como:

- Qualidade do Atendimento ao Cliente: Avaliação da eficiência no atendimento de reclamações e solicitações dos consumidores.
- Gestão de Processos Comerciais: Eficiência e precisão no processamento de contas, faturamento e serviços relacionados.
- Desempenho Operacional: Efetividade na execução de processos internos e no cumprimento de obrigações regulatórias.

Desde sua implementação, o Ranking DGC tem sido atualizado periodicamente para refletir as mudanças nas práticas do setor e as necessidades dos consumidores. A ANEEL utiliza os resultados do ranking para:

- Classificar e Comparar: As distribuidoras são classificadas com base em seu desempenho, permitindo comparações entre diferentes empresas e destacando as melhores práticas.
- Incentivar Melhoria Contínua: Ao publicar o ranking e divulgar os resultados, a ANEEL cria um incentivo para que as distribuidoras aprimorem seus processos e atendimento.
- Monitorar o Cumprimento Regulatória: O ranking serve como uma ferramenta para garantir que as distribuidoras estejam em conformidade com os requisitos regulatórios e para identificar áreas que necessitam de melhorias.

O Ranking DGC tem contribuído significativamente para a transparência no setor elétrico, fornecendo aos consumidores informações claras sobre o desempenho das distribuidoras. A divulgação pública dos resultados permite que os consumidores estejam mais informados sobre a qualidade dos serviços prestados e fomenta um ambiente de concorrência saudável entre as empresas.

A implementação do Ranking DGC pela ANEEL é um exemplo de como a regulação pode ser usada para promover a eficiência e a qualidade no setor de energia elétrica, alinhando os interesses das distribuidoras com as expectativas e necessidades dos consumidores.

4.8. Resultados DCG 2023

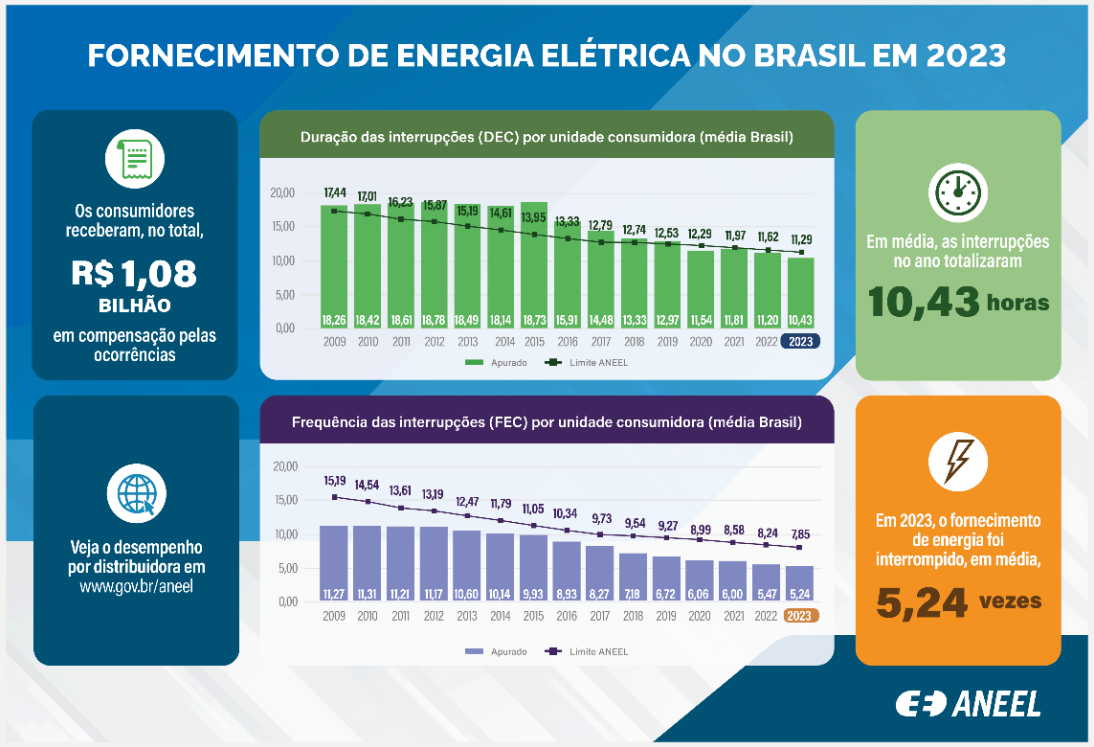
Em março de 2024, a ANEEL divulgou o resultado do desempenho das distribuidoras no fornecimento de energia elétrica em 2023. A divulgação engloba os números de duração e frequência de interrupções observados em 2023, o ranking das distribuidoras e as compensações pagas aos consumidores pelas empresas por extrapolarem os limites individuais de duração e frequência de interrupções. Esse último ponto merece destaque, o valor de compensações pagas aos consumidores aumentou sensivelmente no ano passado, fruto do trabalho de regulação da agência que aperfeiçoou as regras de compensação para direcionar maiores valores para os consumidores com piores níveis de continuidade. Os valores de compensação aos consumidores subiram de R$ 765 milhões em 2022 para R$ 1,080 bilhão em 2023.

Outro ponto a salientar é que a qualidade dos serviços de distribuição de energia elétrica melhorou em comparação com o ano de 2022, conforme apontam os indicadores DEC e FEC apurados pela ANEEL. Os indicadores, em comparação com os anos anteriores, registraram seus menores valores em 2023, também ficando abaixo dos limites definidos pela ANEEL, conforme Figura 6. Os mesmos vêm mantendo trajetória de queda, assim como os limites estabelecidos pela ANEEL, o que reforça a busca para que as distribuidoras ofereçam sempre serviço de melhor qualidade para seus consumidores.

Os consumidores ficaram 10,43 horas em média sem energia (DEC) no ano, o que representa uma redução de 6,9% em relação a 2022, quando registrou-se 11,20 horas em média. A frequência (FEC) das interrupções se manteve em trajetória decrescente, reduzindo de 5,47 interrupções em 2022 para 5,24 interrupções em média por consumidor em 2023, o que significa uma melhora de 4,2% no período.

O avanço observado nos últimos anos é resultado de diversas ações da ANEEL, tais como as novas regras de qualidade do fornecimento nos contratos de concessão das distribuidoras, as compensações financeiras aos consumidores, os incentivos na tarifa por meio do Componente de Qualidade, a adoção de planos de resultados para as distribuidoras que apresentavam desempenho insuficiente, as fiscalizações da Agência e a definição de limites de interrupção decrescentes para as concessionárias.

Figura 6 – Ranking ANEEL 2023



Fonte: (ANEEL, 2024)

Em concordância a figura 6, o Indicador de Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC), que mede a quantidade média de interrupções no fornecimento de energia, já se encontra dentro dos limites regulatórios estabelecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), conforme a Resolução Normativa nº 1000/2021. Isso reflete que, tanto para a agência quanto para as distribuidoras de energia, o FEC não representa mais uma preocupação significativa. O foco atual das distribuidoras tem se voltado para o Indicador de Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC), que mede a duração das interrupções e representa o maior desafio do setor. A melhoria contínua no DEC é essencial para elevar a percepção de qualidade pelos consumidores, visto que a redução do tempo de interrupção no fornecimento tem um impacto direto nessa avaliação (ANEEL, 2021). Portanto, apesar do FEC estar dentro dos parâmetros regulatórios, o aprimoramento da continuidade e da duração do fornecimento de energia permanece como prioridade para as concessionárias. Pois, o DEC ainda não se encontra completamente dentro dos limites regulatórios estabelecidos pela ANEEL, o que impõe a necessidade de investigar os fatores que contribuem para essa dificuldade e as possíveis melhorias na abordagem metodológica vigente.

4.9. Considerações Finais

A avaliação do desempenho das distribuidoras de energia elétrica no Brasil, conduzida pela ANEEL, demonstra um compromisso sólido com a qualidade do serviço prestado aos consumidores. A definição de indicadores claros, como DEC e FEC, permite uma mensuração precisa das interrupções de fornecimento, assegurando que os padrões de qualidade sejam não apenas cumpridos, mas constantemente aprimorados.

O processo meticuloso de coleta e análise de dados, aliado ao estabelecimento de metas regulatórias, evidencia a importância do monitoramento contínuo para garantir a conformidade das distribuidoras. A implementação do Ranking DGC representa um avanço significativo na transparência do setor, permitindo que consumidores e reguladores acompanhem o desempenho das distribuidoras e incentivando a melhoria contínua.

Os resultados de 2023 refletem um cenário promissor, com a redução tanto na duração quanto na frequência das interrupções. Esses avanços não apenas melhoram a qualidade do serviço, mas também reafirmam a eficácia das ações regulatórias da ANEEL.

Em suma, a regulação da qualidade na distribuição de energia elétrica no Brasil tem mostrado resultados positivos, com um impacto direto na experiência dos consumidores. É imperativo que as distribuidoras continuem a adotar práticas de excelência, alinhando-se às expectativas de um mercado em constante evolução, e que a ANEEL mantenha seu papel proativo na supervisão e aprimoramento das normas regulatórias.

5 ESTUDOS DE CASOS E RESULTADOS

A definição de parâmetros para a qualidade do serviço de distribuição de energia elétrica é um tópico crucial no setor elétrico, dado que uma oferta confiável de energia é fundamental para o desenvolvimento de atividades e a satisfação dos consumidores. Além disso, esse aspecto está diretamente relacionado aos aspectos econômicos, tanto para os mercados consumidores, que têm tarifas reguladas a serem aplicadas, quanto para as empresas distribuidoras, que precisam administrar cuidadosamente suas receitas e investimentos para cobrir os custos de operação e manutenção da rede elétrica em suas áreas de concessão. O debate sobre a qualidade do serviço de distribuição de energia elétrica no Brasil ganhou destaque a partir da publicação da Resolução Normativa nº 024/2000 (REN 024/00) em janeiro de 2000, quando a ANEEL adotou pela primeira vez uma metodologia para definir limites para os indicadores coletivos de continuidade.

Os primeiros estudos técnicos relevantes sobre este tema no Brasil foram conduzidos por TANURE (2000) e PESSANHA (2006). Estes trabalhos se tornaram referências importantes na definição de metodologias e critérios para a fixação de limites e avaliação da qualidade do serviço de distribuição de energia elétrica, marcando um ponto crucial na literatura sobre a regulação técnica do setor.

TANURE (2000) desenvolveu uma metodologia para estabelecer metas de continuidade para os indicadores DEC e FEC através da comparação de desempenhos entre diferentes concessionárias brasileiras. Utilizando o algoritmo de clusterização k-means, o estudo agrupou conjuntos de unidades consumidoras semelhantes com base em cinco atributos e foi aplicado a 4.135 conjuntos de 56 concessionárias. Este trabalho serviu como base para a ANEEL ao estabelecer a primeira versão do modelo de *clusters* e limites globais para os indicadores de continuidade, que na época baseava-se em atributos geográficos. Atualmente, o PRODIST (ANEEL, 2021b) adota um critério puramente elétrico, considerando o número de unidades consumidoras atendidas pelos alimentadores de média tensão das subestações das distribuidoras.

PESSANHA (2006) abordou a definição de limites para os indicadores DEC e FEC usando a Análise Envoltória de Dados (DEA), abrangendo o universo de conjuntos de unidades consumidoras no Brasil. A metodologia proposta consiste em uma análise em dois estágios: primeiro, realiza-se uma clusterização das distribuidoras com um mapa auto-organizável e, em

seguida, são definidos os limites globais das áreas de concessão por meio da DEA. Com base nesses limites globais, são estabelecidos limites para os conjuntos de cada distribuidora, com exigências crescentes ao longo do tempo. A metodologia foi aplicada às empresas Light e Ampla, no estado do Rio de Janeiro, e os resultados foram compatíveis com as progressões históricas e com a metodologia vigente à época.

Desde o início dos anos 2000, outro aspecto importante relacionado à qualidade do serviço de distribuição de energia elétrica foi inserido, a formação e classificação dos conjuntos elétricos.

Em 2010, a ANEEL iniciou a Consulta Pública CP008/2010 para discutir o aprimoramento da regulamentação dos limites dos indicadores DEC e FEC. A proposta, apresentada na Nota Técnica nº 0028/2010-SRD/ANEEL, incluiu uma etapa adicional de pré-clusterização para melhorar a diferenciação entre clusters, agregando características de difícil aquisição a nível de conjunto. A análise comparativa dos conjuntos em cada pré-cluster foi realizada com base no algoritmo *k-means* e seis atributos definidos.

Apesar da discussão sobre o melhor método, a ANEEL optou por manter o método comparativo com algumas modificações na segunda versão da metodologia, que entrou em vigor em 2011. As principais inovações incluíram a alteração do critério de formação de conjuntos para um critério elétrico e a mudança do método de clusterização para um método dinâmico, onde cada conjunto é a referência para seu cluster.

Em 2012, NETO desenvolveu uma ferramenta computacional baseada em lógica fuzzy para a definição de limites dos indicadores de continuidade, considerando as características físicas e operacionais dos conjuntos elétricos. A ferramenta visa auxiliar as concessionárias na justificativa de ajustes aos limites e na priorização de ações de melhoria nas redes. Recentemente, THIMOTEO et al. (2021) propuseram uma técnica de clusterização fuzzy otimizada, utilizando algoritmos fuzzy c-means e de otimização por enxame de partículas, para estabelecer limites coletivos mais realistas e justos para os indicadores de continuidade.

Outros estudos também destacam o uso do benchmarking e técnicas comparativas para avaliar e melhorar a eficiência das empresas de distribuição de energia elétrica. FENRICK e GETACHEW (2012) propõem um modelo de metas de confiabilidade baseado em dados históricos de interrupções, enquanto SHVEDOVA (2020) analisa o uso de benchmarking na definição de tarifas de distribuição. A pesquisa de GIANNAKIS et al. (2005) e de BICHPURIYA et al. (2011) também mostram que o benchmarking pode levar a melhorias significativas na qualidade do serviço. Finalmente, PRETTICO et al. (2022) discutem a

orientação de investimentos para melhorar a qualidade do serviço com base em indicadores de desempenho, mostrando que essa abordagem pode ser eficaz para aprimorar a qualidade do fornecimento.

PÉREZ (2012) discute a importância de estabelecer metas de qualidade para garantir a satisfação dos consumidores e a eficiência das distribuidoras. A autora propõe um modelo baseado em três etapas: identificação dos requisitos regulatórios, análise de dados históricos e definição de metas realistas. Os estudos revisados demonstram diversas abordagens para a definição de limites de indicadores de continuidade e melhorias na qualidade do serviço, com o benchmarking emergindo como uma ferramenta chave para identificar melhores práticas e estabelecer metas eficazes no setor de distribuição de energia elétrica.

5.1 Estudos de caso – Concessão do estado do Pará

Para exemplificar as distorções da metodologia vigente e as particularidades que tornam o estado do Pará diferente do restante de concessionárias de distribuição de energia elétrica do Brasil, foram escolhidos três conjuntos elétricos da concessão da Equatorial Pará.

O Estado do Pará é dividido em 144 municípios e é o segundo maior estado brasileiro em área, com uma extensão territorial de 1.247.689,515 km². Essa área corresponde a aproximadamente 15% de todo território nacional e 32% da Região Norte, onde vivem 8.307.375 habitantes, sendo o estado mais populoso da região. Devido à grande extensão territorial, o Estado apresenta uma densidade populacional média de apenas 6,7 habitantes por km², uma das menores do Brasil (FAPESPA, 2017).

Com relação à concessão, a Equatorial Pará atende, aproximadamente, 2,8 milhões de consumidores por meio de redes de Média Tensão (MT) e Baixa Tensão (BT), onde 22% desses consumidores estão localizados em áreas rurais. (ANEEL, 2022).

Devido às grandes extensões territoriais, cerca de 91% da rede primária concentra-se em áreas rurais, regiões que apresentam uma baixa densidade de consumidores, caracterizando-se como um grande desafio operacional para a distribuidora. Esse fato, associado à baixa densidade habitacional, requer longos sistemas radiais para atendimento à população rural.

A Equatorial Pará já operou alimentadores de até 2.600 km (Marabá – MB11), atendendo cerca de 8.000 consumidores, o que representava, em média, 3 consumidores por km de alimentador (CONSTANTI, 2013). Até as áreas estritamente urbanas atendidas pela Equatorial Pará não guardam similaridade com as zonas urbanas das demais distribuidoras de energia

brasileiras, devido a baixa densidade de consumidores por extensão de rede de baixa tensão. Observa-se que o Pará apresenta uma média de 8,11 metros de rede por cliente, enquanto a zona urbana típica apresenta uma média de 4,75 metros de rede por cliente, um adensamento 71% menor do que a área urbana típica (CONSTANTI, 2013).

O Estado possui 855.836 km² de área de floresta, predominando a floresta amazônica e sua hidrografia ocupa uma área de 43.927 km² (FAPESPA, 2021), demonstrando a predominância da vegetação e a presença de rios em toda área territorial, o que torna a região norte a mais complexa do país para a distribuição de energia elétrica e, em especial, o Pará, de forma reconhecida pela ANEEL.

Sua capital, Belém, reúne cerca de 1,5 milhões habitantes e 596.742 unidades consumidoras, o que representa 21% do total de UCs da Equatorial Pará (ANEEL, 2017). Outras cidades importantes do Estado são, Abaetetuba, Altamira, Ananindeua, Barcarena, Castanhal, Itaituba, Marabá, Parauapebas, Redenção, Santarém e Tucuruí.

O Estado possui características particulares que dificultam em demasia a prestação do serviço de distribuição, principalmente aos desafios logísticos existentes, em função das grandes distâncias e da qualidade do suprimento, este último ponto sendo particularmente relevante para as regiões atendidas por geração isolada. As condições citadas (logística e suprimento) são muitas vezes agravadas pela intensidade das chuvas e pela precariedade, ou até mesmo inexistência, dos acessos terrestres.

Mediante o exposto, serão analisados nesse estudo de caso, três conjuntos elétricos situados em áreas rurais e de difícil acesso do Estado do Pará, que são os conjuntos ITAITUBA II, CURRALINHO e AFUÁ, com as seguintes características:

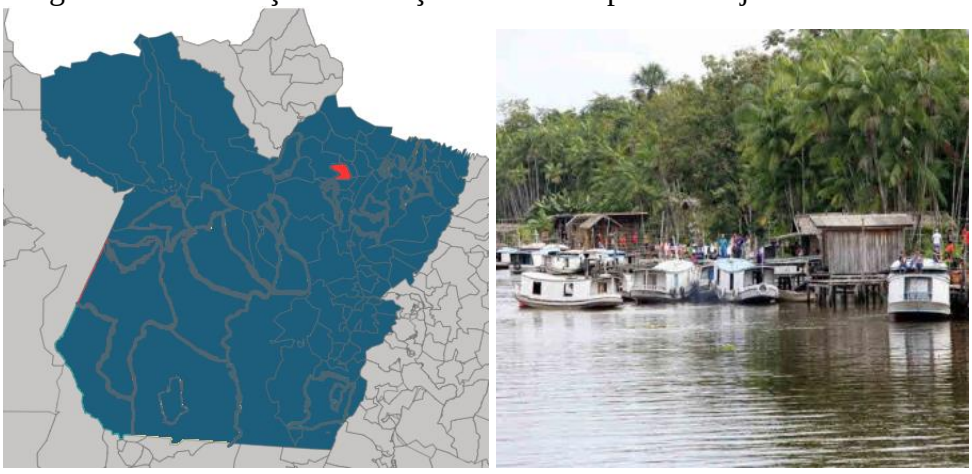
- O conjunto Itaituba II se situa no município de Itaituba, no oeste do Estado do Pará. Distante cerca de 1.306 km de Belém por via rodoviária, o tempo de locomoção estimado entre as localidades é de, aproximadamente, 21 horas. A distância média da fonte até o centro de carga deste conjunto é de 64 km e ele possui um único alimentador de longa extensão (330 km) para o atendimento de cerca de 61 consumidores por km. A Figura 7 ilustra a localização do conjunto Itaituba II e suas principais características.

Figura 7 - Localização e condições de acesso para o conjunto Itaituba II

Fonte: autora

- O conjunto Curralinho está situado no município com o mesmo nome, localiza-se na microrregião de furos da Ilha do Marajó. O município em 2016 possuía uma população estimada em 32.881 habitantes com uma área de 3.620,279 km², resultando em uma densidade demográfica de 9,08 hab/km². O município é atendido via Sistema Interligado Nacional (SIN), mas por muitos anos, seu suprimento foi via grupos geradores à diesel, também conhecido com Sistema Isolados. O acesso ao município é realizado exclusivamente através de embarcações fluviais, onde a viagem de barco da capital do estado até o município dura cerca de 9 horas de duração, e não há acesso rodoviário da capital do estado Belém até o município, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8 - Localização e condições de acesso para o conjunto Curralinho



Fonte: autora

- O conjunto Afuá está situado no município com o mesmo nome, localiza-se na microrregião de furos da Ilha do Marajó, também é conhecido como a "Veneza da Ilha de Marajó", pois não há veículos de 4 rodas na localidade, por ter diversos canais e palafitas. Seu atendimento é via grupos geradores à diesel e não faz parte do SIN. O município em 2022 possuía uma população estimada em 37.765 habitantes com uma área de 8.338,438 km², resultando em uma densidade demográfica de 4,53 hab/km². O acesso ao município é realizado exclusivamente através de embarcações fluviais, onde a viagem de barco da capital do estado até o município dura cerca de 29 horas de duração, e não há acesso rodoviário da capital do estado Belém até o município, conforme mostra a Figura 9.

Figura 9 - Localização e condições de acesso para o conjunto Afuá

Fonte: autora

A partir da formação dos conjuntos elétricos, em agosto de 2019 ocorreu o 5° CRTP da distribuidora do Pará, onde foram homologados os seguintes limites de continuidade dos conjuntos citados, citados na Tabela 6.

Tabela 6 - Limites Anuais de DEC e FEC (2020-2023)

COD	NOME	DEC				FEC			
		2020	2021	2022	2023	2020	2021	2022	2023
14464	CURRALINHO	27	25	23	22	21	20	18	16
15895	ITAITUBA II	46	46	46	46	46	43	40	37
14438	AFUÁ	19	19	19	18	31	31	31	26

Fonte: (ANEEL, 2019)

Para o estudo de caso, foi realizado uma tabulação de dados considerando os parâmetros utilizados no 5° CRTP da distribuidora local, onde é demostrado quais os conjuntos são

comparados entre si (seus conjuntos semelhantes) e os conjuntos elétricos que moldam os limites dos conjuntos selecionados no estudo de caso.

5.1.1 Resultado de Estudo 1: Conjunto Curralinho

O conjunto determinante de meta através da metodologia de análise de conjuntos semelhantes para o conjunto CURRALINHO, é o conjunto MASSAGUACU da EDP SP, conforme mostra a Figura 10.

Figura 10 - Conjuntos Semelhantes - Curralhinho

Selecione o indicador: DEC

ANÁLISE DOS CONJUNTOS SEMELHANTES PARA O DEC 5CRTP

Conjuntos Definidores de Metas

Área de Plotagem

Selecionar conjunto referência:	EMP	IDCONJ	DEC Médio	PC_VRAM	PLUV	PC_ERMT_3F	PC_NUC_AC	M_NUC_RES	NUC_IND	Variação: DEC Médi	PC_VRAN	PLUV	C_ERMT_3	PC_NUC_A	M_NUC_RE	NUC_IND
CURRALINHO	CELPA	14464	28,16	0,89	2714	0,96	0,99	1014	5	-	-	-	-	-	-	-
Definidor de Meta para o DEC:																
MASSAGUACU	EDP SP	13155	12,16	0,82	1834	0,95	0,98	1990	53	-57%	-8%	-32%	-1%	0%	96%	960%
Conjuntos semelhantes:																
PRAIA GRANDE	ELEKTRO	13573	3,40	0,94	1711	1,00	1,00	1044	16	-88%	5%	-37%	4%	1%	3%	220%
MATINHOS	COPEL-DIS	14644	6,25	0,53	2245	0,98	0,99	1401	200	-78%	-41%	-17%	2%	0%	38%	3900%
PRAIA DE LESTE	COPEL-DIS	14630	7,43	0,78	2270	0,93	0,99	1099	502	-74%	-12%	-16%	-3%	0%	8%	9940%
SAO LUIS I	CEMAR	15769	8,15	0,50	1989	0,89	1,00	1689	134	-71%	-44%	-27%	-8%	1%	66%	2580%
UBATUBA DOIS	ELEKTRO	13597	8,78	0,80	1868	0,98	0,96	1924	253	-69%	-11%	-31%	2%	-3%	90%	4960%
ARROIO DO SAL	CEEE-D	12526	9,10	0,52	1890	0,95	0,98	1059	114	-68%	-42%	-30%	-2%	0%	4%	2180%
GUARATUBA	COPEL-DIS	14657	9,96	0,65	2122	0,67	0,96	1481	511	-65%	-27%	-22%	-31%	-3%	46%	10120%
MARCO	CELPA	15540	11,92	0,77	3060	0,94	1,00	1978	7	-58%	-14%	13%	-2%	1%	95%	40%
AUGUSTO MONTENEGRO	CELPA	15539	12,10	0,30	2928	0,83	1,00	1463	43	-57%	-66%	8%	-14%	1%	44%	760%

Fonte: autora

O conjunto Massaguaçu se situa no Sudeste do País no município de Caraguatatuba, no litoral norte do estado de São Paulo. Distante cerca de 178 km da capital conforme figura 11, a cidade ocupa uma área de 484.947 km², com uma estimativa populacional de 125.194 habitantes em 2021, resultando em uma densidade demográfica de 0,26 hab/km².

Figura 11 - Localização e condições de acesso para o conjunto Massaguaçu em São Paulo

Fonte: (Google Maps, 2024)

A Tabela 7, apresenta as distorções entre o conjunto CURRALINHO e o seu conjunto Massaguaçu que é o definidor de limite. Observa-se que os conjuntos apresentam características muito dispares em relação a quantidade de consumidores, área da concessão e, principalmente, o tipo de acesso, fazendo com que o conjunto CURRALINHO fique muito distante dos limites de continuidade estabelecidos pelo regulador.

Tabela 7 - Distorções entre os conjuntos Curralinho e Massaguaçu

CONJ.	CÓD	Nº DE CONS.	2019			2020			2021		
			DEC	LIMITE	DESVIO	DEC	LIMITE	DESVIO	DEC	LIMITE	DESVIO
CURRALINHO	14464	4.389	67,61	29	133%	128,65	27	376%	59,61	25	138%
MASSAGUAÇU	13155	12.830	9,13	8	14%	7,81	8	-2%	7,10	8	-11%

Fonte: (ANEEL, 2019)

É importante destacar que o conjunto CURRALINHO também é comparado com outros 2 conjuntos da mesma área de concessão, os conjuntos MARCO e AUGUSTO MONTENEGRO, ambos conjuntos pertencentes a região metropolitana de Belém, ou seja, conjuntos da capital, que possuem melhores infraestruturas de acesso, de pavimentação, de mobilidade operacional, que conjuntos mais distantes e com características bem distintas, conforme tabela 8.

Tabela 8 – Distorções entre os conjuntos Curralinho, Marco e Augusto Montenegro

CONJ.	CÓD	Nº DE CONS.	2019			2020			2021		
			DEC	LIMITE	DESVIO	DEC	LIMITE	DESVIO	DEC	LIMITE	DESVIO
CURRALINHO	14464	4.389	67,61	29	133%	128,65	27	376%	59,61	25	138%
MARCO	15540	23.647	12,22	10	22%	6,20	10	-38%	6,15	10	-39%
AUGUSTO MONTENEGRO	15539	52.873	7,36	15	-51%	8,17	14	-42%	8,36	14	-40%

Fonte: (ANEEL, 2019)

5.1.2 Resultado de Estudo 2: Conjunto Itaituba II

O conjunto determinante de meta através da metodologia de análise de conjuntos semelhantes para o conjunto ITAITUBA II, é o conjunto MORRETES da COPEL-DIS, conforme Figura 12.

Figura 12 - Conjuntos Semelhantes – ITAITUBA II

Selecione o indicador:

DEC

ANÁLISE DOS CONJUNTOS SEMELHANTES PARA O DEC 5CRTP

Conjuntos Definidores de Metas

Selecionar conjunto referência:	EMP	IDCONJ	DEC Médio	PC_VRAM	PLUV	PC_ERMT_3	PC_NUC_AC	M_NUC_RES	NUC_IND
ITAITUBA II	CELPA	15895	124,65	0,89	2053	0,25	0,63	730	70
Definidor de Meta para o DEC:									
MORRETES	COPEL-DIS	14583	26,20	0,78	1923	0,53	0,75	1605	87
Conjuntos semelhantes:									
CHAPADINHA	CEMAR	14745	12,24	0,76	1567	0,21	0,74	1163	81
ROSÁRIO	CEMAR	14722	14,28	0,59	1890	0,34	0,78	970	103
COELHO NETO	CEMAR	14747	15,00	0,84	1525	0,26	0,71	1085	109
PALESTINA	CEMAR	14727	17,21	0,80	1486	0,27	0,72	1105	51
ARARI	CEMAR	14738	21,73	0,62	1863	0,41	0,78	1233	94
CENTENÁRIO	ENF	15616	21,98	0,56	1845	0,52	0,58	1286	23
URBANO SANTOS	CEMAR	14706	22,59	0,85	1592	0,30	0,70	1008	96
JORDÃO	ELETROACRE	12600	24,07	0,76	2019	0,25	0,90	1142	1
COMODORO	EMT	14795	24,78	0,86	1902	0,37	0,81	1632	42

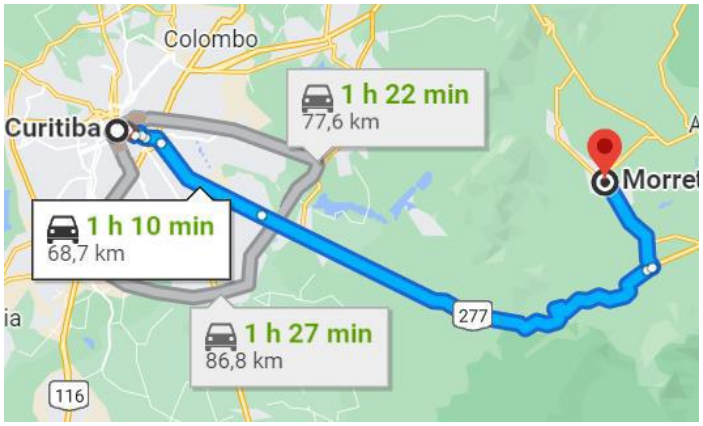
Variação:

DEC Médi	PC_VRAN	PLUV	C_ERMT_3	PC_NUC_A	M_NUC_RE	NUC_IND
-	-	-	-	-	-	-
-79%	-11%	-6%	111%	20%	120%	24%
-90%	-14%	-24%	-17%	18%	59%	16%
-89%	-34%	-8%	35%	24%	33%	47%
-88%	-5%	-26%	6%	12%	49%	56%
-86%	-9%	-28%	8%	14%	52%	-27%
-83%	-30%	-9%	63%	23%	69%	34%
-82%	-37%	-10%	109%	-7%	76%	-67%
-82%	-4%	-22%	19%	11%	38%	37%
-81%	-15%	-2%	0%	43%	57%	-99%
-80%	-3%	-7%	50%	28%	124%	-40%

Fonte: autora

O conjunto Morretes se situa no município de mesmo nome, no estado do Paraná. Distante cerca de 70 km da capital do Estado, a cidade ocupa uma área de 684.580 km², com uma estimativa populacional de 16.366 habitantes em 2021, resultando em uma densidade demográfica de 0,02 hab/km².

Figura 13 - Localização e condições de acesso para o conjunto Morretes no Paraná



Fonte: (Google Maps, 2024)

É importante destacar que o conjunto ITAITUBA II é comparado com outros 10 conjuntos que possuem indicador de DEC médio, aproximadamente, seis vezes menores que o ITAITUBA II, ou seja, tornando inviável a comparação com os conjuntos "semelhantes".

A Tabela 9 apresenta as distorções entre o conjunto ITAITUBA II e o seu conjunto definidor de limite.

Tabela 9 - Distorções entre os conjuntos Itaituba II e Morretes

CONJ.	CÓD	Nº DE CONS.	2019			2020			2021		
			DEC	LIMITE	DESVIO	DEC	LIMITE	DESVIO	DEC	LIMITE	DESVIO
ITAITUBA II	15895	2.737	120,30	46	162%	73,66	46	60%	135,30	46	194%
MORRETES	14583	15.446	23,24	14	66%	20,04	14	43%	22,08	14	58%

Fonte: (ANEEL, 2019)

5.1.3 Resultado de Estudo 3: Conjunto Afuá

O conjunto determinante de meta através da metodologia de análise de conjuntos semelhantes para o conjunto AFUÁ, é o conjunto ITAMARATI da AMPLA (Enel Distribuição Rio), conforme Figura 14.

Figura 14 - Conjuntos Semelhantes – AFUÁ

Selecione o indicador: DEC

ANÁLISE DOS CONJUNTOS SEMELHANTES PARA O DEC 5CRTP

Conjuntos Definidores de Metas

Selecionar conjunto referência:	EMP	DCON	DEC Médi	C_VRAN	PLUV	C_ERMT_3	C_NUC_AI	M_NUC_RE	NUC_IND
AFUÁ	CELPA	14438	23,45	0,69	2237	0,84	1,00	1829	21
Definidor de Meta para o DEC:									
ITAMARATI	AMPLA	13049	14,11	0,44	1782	0,87	0,99	2503	95
Conjuntos semelhantes:									
BERTIOGA DOIS	ELEKTRO	15916	3,60	0,87	1694	1,00	1,00	2212	195
BERTIOGA UM	ELEKTRO	13607	5,86	0,64	1665	1,00	0,99	1828	164
MATINHOS	COPEL-DIS	14644	6,25	0,53	2245	0,98	0,99	1401	200
PEDRO TAQUES	CPFL- Piratining	15551	6,65	0,58	1711	1,00	1,00	1792	54
JULIUS ARP JR.	ENF	15615	6,68	0,46	1693	0,86	0,96	1724	203
ARAGUAINA URBANO	ETO	13616	7,03	0,76	1767	0,80	1,00	2182	180
IPASE	CEMAR	15757	7,06	0,28	1989	0,89	1,00	2134	60
PERUIBE	ELEKTRO	13562	7,12	0,67	1574	0,85	0,97	1638	136
CAPÃO NOVO	CEEE-D	12534	7,23	0,46	1859	0,99	0,99	1415	72
SAO LUIS I	CEMAR	15769	8,15	0,50	1989	0,89	1,00	1689	134
GRAMADO	RGE	15641	8,34	0,46	1835	0,64	0,87	2163	77
UBATUBA DOIS	ELEKTRO	13597	8,78	0,80	1868	0,98	0,96	1924	253
PARANAGUÁ	COPEL-DIS	14635	8,84	0,33	2326	0,99	1,00	2155	236
ARROIO DO SAL	CEEE-D	12526	9,10	0,52	1890	0,95	0,98	1059	114
MARACANÃ	CEMAR	14749	10,32	0,38	1920	0,86	0,97	1291	140
PRESIDENTE KENNEDY	ETO	13664	10,34	0,50	1756	0,61	1,00	1449	6
MASSAGUACU	EDP SP	13155	12,16	0,82	1834	0,95	0,98	1990	53
TROMBETAS	AMPLA	13091	12,18	0,45	1916	0,91	0,99	2418	127
GOIANÉSIA I	CELPA	15469	12,51	0,65	2059	0,50	0,99	981	48
PARAUAPEBAS	CELPA	15899	12,93	0,67	1784	0,60	0,99	1213	129
ARACAGY	CEMAR	15752	13,06	0,31	1960	0,90	0,98	2251	61
POSTO FISCAL	COPEL-DIS	14686	13,74	0,62	2207	0,76	0,90	1800	129
PARATIBE I	CELPE	14194	13,81	0,49	1953	0,95	0,99	1425	127
COLMEIA	ETO	13626	14,04	0,43	1785	0,60	0,99	1681	21

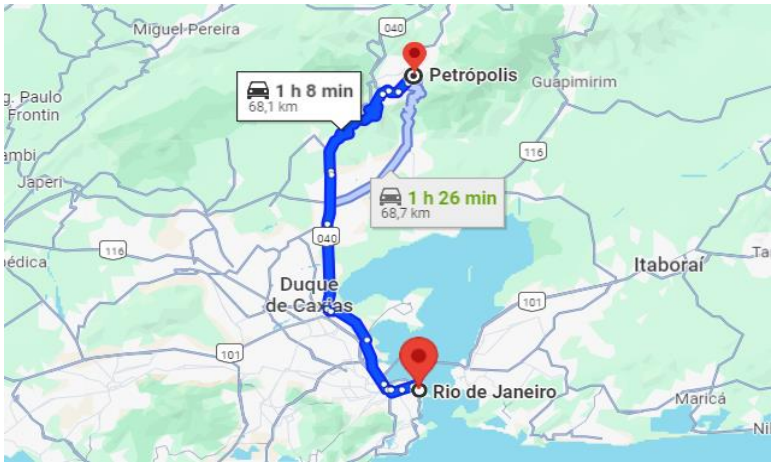
Variação:

DEC Médi	C_VRAN	PLUV	C_ERMT_3	C_NUC_AI	M_NUC_RE	NUC_IND
-	-	-	-	-	-	-
-40%	-37%	-20%	4%	-1%	37%	352%
-85%	26%	-24%	19%	0%	21%	829%
-75%	-7%	-26%	19%	-1%	0%	681%
-73%	-23%	0%	17%	-1%	-23%	852%
-72%	-16%	-24%	19%	0%	-2%	157%
-72%	-34%	-24%	3%	-4%	-6%	867%
-70%	10%	-21%	-4%	0%	19%	757%
-70%	-60%	-11%	5%	0%	17%	186%
-70%	-3%	-30%	1%	-3%	-10%	548%
-69%	-33%	-17%	17%	-1%	-23%	243%
-65%	-27%	-11%	5%	0%	-8%	538%
-64%	-33%	-18%	-24%	-13%	18%	267%
-63%	16%	-17%	17%	-4%	5%	1105%
-62%	-53%	4%	18%	0%	18%	1024%
-61%	-24%	-16%	13%	-2%	-42%	443%
-56%	-45%	-14%	2%	-3%	-29%	567%
-56%	-27%	-22%	-28%	0%	-21%	-71%
-48%	19%	-18%	13%	-2%	9%	152%
-48%	-35%	-14%	8%	-1%	32%	505%
-47%	-5%	-8%	-40%	0%	-46%	129%
-45%	-2%	-20%	-29%	-1%	-34%	514%
-44%	-55%	-12%	6%	-1%	23%	190%
-41%	-10%	-1%	-10%	-10%	-2%	514%
-41%	-29%	-13%	13%	-1%	-22%	505%
-40%	-38%	-20%	-29%	0%	-8%	0%

Fonte: autora

O conjunto Itamarati se situa no município Petrópolis, no estado do Rio de Janeiro. Distante cerca de 68 km da capital do Estado, a cidade de Petrópolis ocupa uma área de 795.798 km², com uma estimativa populacional de 278.881 habitantes em 2023, resultando em uma densidade demográfica de 0,35 hab/km², conforme Figura 15.

Figura 15 - Localização e condições de acesso para o conjunto Itamarati no Rio de Janeiro



Fonte: (Google Maps, 2024)

É importante destacar que o conjunto AFUÁ é comparado com outros 24 conjuntos que possuem indicador de DEC médio, aproximadamente, três vezes menores que o AFUÁ, ou seja, tornando inviável a comparação com os conjuntos “semelhantes”.

A Tabela 10 apresenta as distorções entre o conjunto AFUÁ e o seu conjunto definidor de limite.

Tabela 10 - Distorções entre os conjuntos Afuá e Itamarati

CONJ.	CÓD	Nº DE CONS.	2019			2020			2021		
			DEC	LIMITE	DESVIO	DEC	LIMITE	DESVIO	DEC	LIMITE	DESVIO
AFUÁ	14438	3.592	16,11	19	-15%	15,15	19	-20%	9,36	19	-51%
ITAMARATI	13049	37.324	11,61	9	29%	9,23	9	3%	8,66	9	-4%

Fonte: (ANEEL, 2019)

5.2 Discussões

O modelo definido pela ANEEL para cálculo dos limites de continuidade já passou por grandes evoluções desde a sua criação, porém é importante destacar que a atual metodologia utilizada pelo regulador ainda não consegue capturar as particularidades de estados que possuem características distintas dos grandes centros urbanos e regiões bem estruturadas como Sul, Sudeste e Centro Oeste do país.

Sobre a distribuidora do Estado do Pará, podemos citar que cerca de 40% de todos os clientes atendidos estão dispersos em locais fora da região metropolitana de Belém e das sedes das regionais, localizando-se em áreas extensas, com severas restrições de acesso, dificultando a operação e a manutenção desses sistemas (CONSTANTIN, 2013).

Além disso, a região é fortemente impactada por variáveis climáticas, como chuvas intensas e frequentes, acarretando tempos de deslocamentos superiores à aqueles admitidos para locais com melhores condições de acesso.

Portanto, compreende-se o quão desafiador é para o regulador definir uma metodologia que considere as características intrínsecas das concessões e que ao mesmo tempo incentive a melhoria de eficiência entre elas. Porém ao realizar a comparação entre as distribuidoras do Brasil inteiro, subentende-se que operar um sistema elétrico no Norte do Brasil é semelhante a operar um sistema no Sudeste, estabelecendo uma meta inatingível para a região Norte.

Assim, todas as análises realizadas evidenciaram a necessidade de aprimoramentos na metodologia aplicada pela ANEEL, de forma a buscar a formação de conjuntos mais homogêneos. Há inúmeras possibilidades de formação desses conjuntos de unidades consumidoras considerando a adição de outras variáveis para melhor modelar as heterogeneidades das concessões, tais como: nível de precipitação; incidência de raios; vegetação; área urbana e rural; condições socioeconômicas; condições de acesso; nível de salinidade, entre outras.

Nesse sentido, faz-se necessário o aprimoramento da metodologia de definição das metas de qualidade aplicada pela ANEEL, com a realização de um estudo detalhado dos possíveis resultados da adição de novas variáveis, verificando a significância de cada uma delas nas definições de conjuntos de unidades consumidoras das distribuidoras de energia elétrica do Brasil, considerando as atipicidades de cada concessão, estado/região.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, apresenta-se uma síntese das conclusões obtidas, limitações do estudo, bem como sugestões para trabalhos futuros.

6.1 Conclusões

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de apresentar uma análise da metodologia para definição dos limites de continuidade dos conjuntos elétricos das distribuidoras de energia elétrica no Brasil.

A presente dissertação abordou a necessidade e a importância do aprimoramento da metodologia para definição dos limites de continuidade dos conjuntos elétricos das distribuidoras de energia elétrica no Brasil. O estudo evidenciou que as metodologias atualmente empregadas, embora funcionais, apresentam limitações que podem comprometer a eficiência e a confiabilidade do fornecimento de energia elétrica, especialmente em um contexto de crescente demanda e diversificação das fontes energéticas e particularidades regionais. A análise detalhada das práticas existentes e das variáveis envolvidas na definição desses limites revelou a complexidade do desafio, mas também apontou caminhos promissores para a evolução desse processo.

A partir das discussões desenvolvidas ao longo do trabalho, conclui-se que o aprimoramento metodológico é não apenas desejável, mas necessário para garantir que as distribuidoras possam atender aos padrões de qualidade exigidos pelos órgãos reguladores e, simultaneamente, atender às expectativas dos consumidores. A incorporação de novas tecnologias, como inteligência artificial e simulações digitais, surge como uma estratégia chave para superar as limitações atuais, proporcionando uma abordagem mais precisa e adaptável às realidades regionais do país. Ademais, a necessidade de uma maior integração entre os diferentes agentes do setor elétrico, incluindo pesquisadores, reguladores e empresas, foi destacada como um fator crucial para o desenvolvimento de soluções robustas e sustentáveis.

Em suma, o aprimoramento da metodologia para definição dos limites de continuidade dos conjuntos elétricos é um passo fundamental para o fortalecimento do sistema de distribuição de energia elétrica no Brasil. As propostas e reflexões apresentadas nesta dissertação visam contribuir para a construção de um setor elétrico mais resiliente, eficiente e preparado para os

desafios futuros, assegurando a continuidade do fornecimento de energia elétrica em níveis adequados de qualidade e confiabilidade.

6.2 Sugestões de trabalhos futuros

Para trabalhos futuros, é essencial aprofundar a investigação sobre a eficácia e aplicabilidade das metodologias atuais para a definição dos limites de continuidade dos conjuntos elétricos nas distribuidoras de energia elétrica no Brasil.

Um ponto de partida é o desenvolvimento de modelos mais precisos que levem em consideração as especificidades regionais, tais como as variabilidades climáticas, densidade populacional, infraestrutura local das redes de distribuição, condições socioambientais, situação econômico-financeira da distribuidora e da população e até mesmo o histórico dos indicadores realizados. Estudos comparativos entre as diferentes regiões do país podem revelar padrões que auxiliem na adaptação das metodologias às diversas realidades encontradas no território nacional.

Além disso, é recomendável a incorporação de tecnologias emergentes, como a inteligência artificial e o aprendizado de máquina, para aprimorar a análise de dados e prever falhas de forma mais eficaz. Essas tecnologias podem ajudar a identificar antecipadamente áreas críticas que necessitam de manutenção preventiva, permitindo que as distribuidoras atuem de maneira proativa, minimizando interrupções e melhorando a qualidade do serviço oferecido. Adicionalmente, a implementação de simulações em tempo real, utilizando redes digitais *Digital Twins* ou "Gêmeos Digitais" que é uma tecnologia que cria uma representação virtual de um objeto, processo ou sistema do mundo real. Essa cópia digital é feita para simular, monitorar e prever o comportamento do sistema físico/elétrico correspondente, ajudando a otimizar o desempenho, detectar falhas e planejar intervenções de forma mais eficiente. O conceito é amplamente utilizado em áreas como manufatura, engenharia, saúde, cidades inteligentes e energia, onde é crucial entender e melhorar o funcionamento de sistemas complexos, podendo oferecer um ambiente seguro para testar e validar novos parâmetros de continuidade antes de sua aplicação em campo, garantindo que as soluções propostas sejam robustas e eficazes.

Por fim, é importante incentivar parcerias entre universidades, centros de pesquisa e as próprias distribuidoras, a fim de promover a troca de conhecimentos e experiências. Essas colaborações podem resultar em metodologias mais abrangentes e ajustadas às necessidades operacionais, garantindo que as soluções desenvolvidas estejam alinhadas com as demandas

tanto dos consumidores quanto dos reguladores do setor. O contínuo aprimoramento dessas metodologias é fundamental para assegurar a confiabilidade e a eficiência do sistema elétrico brasileiro, contribuindo para a satisfação dos consumidores e a sustentabilidade das operações das distribuidoras.

REFERÊNCIAS

ANEEL. "Anexo da Nota Técnica nº 0064/2009-SRD/ANEEL. *Revisão da regulamentação sobre a Continuidade do Fornecimento de Energia Elétrica"*. Brasília, Brasil: ANEEL.2009.

ANEEL. "Nota Técnica nº 0028/2010-SRD/ANEEL". Brasília, Brasil: ANEEL. 2010.

ANEEL. "Nota Técnica n° 191/2010-SRD. *Audiência Pública nº 046/2010."*. Brasília, Brasil: ANEEL 2010.

ANEEL. Nota Técnica nº 0021/2011-SRD/ANEEL. Brasília, Brasil: ANEEL. 2011.

ANEEL. "Nota Técnica n° 0102/2014-SRD. *Audiência Pública n° 029/2014"*. Brasília, Brasil: ANEEL.2014.

ANEEL. Nota Técnica nº 0059/2014-SRD/ANEEL. Brasília, Brasil: ANEEL. 2014.

ANEEL. Nota Técnica nº 0102/2014-SRD/ANEEL. Brasília, Brasil: ANEEL. 2014.

ANEEL. Anexo da Nota Técnica nº 0069/2018-SRD/ANEEL. *Revisão da regulamentação sobre a continuidade do fornecimento de Energia Elétrica*. Brasília, Brasil: ANEEL. 2018

ANEEL. "Nota Técnica nº 046/2019. *Consulta Pública nº 038/2019"*. Brasília, Brasil: ANEEL.2019.

ANEEL. Resolução Normativa nº 024/2000. Brasília: ANEEL.2000.

ANEEL. Resolução Autorizativa nº 10.397/2021. Brasília, Brasil: ANEEL. 2021.

ANEEL. "*Hub de Relatórios de Distribuição." 2004.* Disponível em: < https://portalrelatorios.aneel.gov.br/hubDistribuicao#>

ANEEL. "*Mapa das Distribuidoras." 2023.* Disponível em: < https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/relatorios-e-indicadores/distribuicao>

ANEEL. Nota Técnica nº 0136/2021-SRD/ANEEL. *Avaliar aprimoramento na regulamentação de estabelecimento de limites de continuidade do fornecimento de energia elétrica*. Brasília, Brasil: ANEEL.2021.

ANEEL. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST. Brasília, Brasil: ANEEL. 2021.

ANEEL. Resolução Normativa nº 925, de 16 de março 2021. Brasília, Brasil: ANEEL.2021.

ANEEL. Procedimentos de Regulação Tarifária - PRORET. Brasília, Brasil: ANEEL. 2022.

ANEEL. *Regulação técnica e econômica do segmento de distribuição de energia elétrica.* 2023. Fonte: ANEEL: https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/distribuicao/regulacao.

ARMSTRONG, M.; SAPPINGTON, D. *Recent Developments in the Theory of Regulation*. Fonte: ELSEVIER. Chapter 27, P. 1557–1700. 2007, Disponível em: < https://doi.org/10.1016/S1573-448X(06)03027-5>

BANDEIRA, L. M. B. Analysis of the Regulatory Methodology to Define the Electrical Power Supply Continuity Indexes in Distribution System in Brazil. *XIV LATIN - AMERICAN CONGRESS ON ELECTRICITY GENERATION AND TRANSMISSION - CLAGTEE 2022*, p. 9.Ano 2022.

BICHPURIYA, Y.K.; NAVALKAR, P.V.; SOMAN, S.A. (s.d.). *Benchmarking of reliability indices for electricity distribution utilities: approach and discussion*. Fonte: DOI: 10.1049/cp.2011.0508: http://library.theiet.org/content/conferences/10.1049/cp.2011.0508

CEER. *7TH CEER-ECRB BENCHMARKING REPORT ON THE QUALITY OF ELECTRICITY AND GAS SUPPLY*. 2022.

CELESC a. *Celesc: Soluções em Energia*. Fonte: Celesc Distribuição S/A. : https://solucoesemenergia.celesc.com.br/. 2023.

CELESC b. *Contribuição Consulta Pública nº 026/2021 - Indicadores de Continuidade 2022 a 2026*. Fonte: https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/consultas-. 2021.

CELESC c. *Estrutura organizacional da Celesc*. Fonte: Celesc Distribuição S/A.: https://www.celesc.com.br/home/empresas-do-grupo. 2023.

CEPED. *Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil : 1995 – 2019*. 2020. Disponível em: <https://ftp.ceped.ufsc.br/danos_e_prejuizos_versao_em_revisao.pdf>

CONSTANTI, L. P. Análise comparativa das metodologias de definição de conjuntos para estabelecimento de metas de qualidade (DEC e FEC). *Dissertação de Mestrado*. Brasília, Brasil: Universidade de Brasília. Departamento de Economia. 2013.

COSTA, M. A., LOPES-AHN, A. L., CARVALHO KILGER, A. d., & MICAS, A. F. (2023). *Limitations of weight restrictions in data envelopment analysis for benchmarking Brazilian electricity distribution system operators.* Fonte: ISSN 0957-1787. DOI: 10.1016/J.JUP.2023.101540

COSTA, Marcelo Azevedo; LOPES, Ana Lúcia Miranda;PINHO MATOS, Giordano Bruno Braz de. (s.d.). *Statistical evaluation of Data Envelopment Analysis versus COLS Cobb–Douglas benchmarking models for the 2011 Brazilian tariff revision. Socio-Economic Planning Sciences, Pergamon,.* Fonte: v 49.: ISSN 0038-0121. DOI: 10.1016/J.SEPS.2014.11.001

DELAVECHIA, R.; WEIAND, R.; SILVEIRA, L.; FERRAZ, B.; RAMOS, M.BERNARDON, D.; SANTOS, L.; GARCIA, R. "*Análise de sensibilidade estatística dos atributos físico-elétricos no cálculo dos indicadores de continuidade de sistemas de distribuição."* Fonte: IX Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE 2022). P. 1075–1082.: DOI: 10.20906/sbse.v2i1.3023

DELGADO, M.; HAGE, F. "*Regulação Técnica e Econômica em Monopólios Naturais - Reflexões conceituais e metodológicas no setor de distribuição de energia elétrica" 2015.*. Fonte: Synergia Editora: ISBN 978-85-68483-07-7

ESRI. *ArcGIS Desktop: Release 10.* 2011. Fonte: https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-enterprise/overview

FAPESPA a.. *Anuário Estatístico do Pará - 2017.* Fonte: 2º Edição [Online]: https://www.fapespa.pa.gov.br/sistemas/anuario2017/

FAPESPA b.. *Anuário Estatístico do Pará - 2021.* Fonte: 1ª Edição [Online]: //www.fapespa.pa.gov.br/sistemas/anuario2021/

FENRICK, S.; GETACHEW, L. (s.d.). *Cost and reliability comparisons of underground and overhead power lines.* Fonte: Pergamon, V. 20, P. 31–37: ISSN 0957-1787. DOI: 10.1016/J.JUP.2011.10.002

GIANNAKIS, Dimitrios; JAMASB, Tooraj; POLLITT, Michael. "*Benchmarking and incentive regulation of quality of service: an application to the UK electricity distribution networks".* Fonte: Energy Policy, Elsevier, V. 33, P. 2256–2271: ISSN 0301-4215. DOI: 10.1016/J.ENPOL.2004.04.021

GONEN, T. *ELECTRIC POWER DISTRIBUTION ENGINEERING.* 2014

GUJARATI, D.N.; PORTER, D.C. *Basic Econometrics. 2009.* Fonte: McGraw-Hill Irwin. ISBN 9780071276252: https://books.google.com.br/books?id=6l1CPgAACAAJ

IEEE. *IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices.* Fonte: IEEE Power & Energy Society: ISBN 978-0-7381-7381-8. 2012.

JAMASB, T.; POLLITT, M. *Benchmarking and regulation: international electricity experience.* Fonte: Utilities Policy, Pergamon, V. 9, P. 107–130: ISSN 0957-1787. DOI: 10.1016/S0957-1787(01)00010-8. Ano: 2000.

KAGAN, N.; BARIONI, C.; ROBBA, E. In*trodução aos sistemas de distribuição de energia elétrica.* Fonte: Edgard Blucher: ISBN 85-212-0355-1. Ano: 2005.

KAGAN, N.; ROBBA, E. J.; SCHMIDT, H. *Estimação de indicadores de qualidade de energia elétrica.* Fonte: Edgard Blucher: ISBN 978-85-212-0487-9. Ano 2009.

LITTLECHILD, S. *Regulation of British Telecommunications' Profitability: Report to the Secretary of State.* Ano: 1983 Fonte: https://books.google.com.br/books?id=BMIsPAAACAAJ

MARTINS, L. *Mapa do Relevo de Santa Catarina. Ano 2023.* Fonte: https://www.infoescola.com/mapas/mapa-do-relevo-de-santa-catarina/

MIHAI, Catalin; HELEREA, Elena. (s.d.). *Reliability and Continuity Indicators Estimation in System of Electrical Power Supply to the Consumer.* Fonte: DOI: 10.1109/MPS.2019.8759659

NETO, N. K. Sistema multivariável para avaliação de desempenho e estabelecimento de limites de continuidade de fornecimento de energia utilizando a lógica fuzzy. Universidade Federal de Santa Maria. Dissertação de Mestrado. Fonte: Universidade Federal de Santa Maria. Dissertação. Ano:2012.

PÉREZ, Jenny Paola González. Qualidade do serviço de distribuição de energia elétrica: indicadores, limites, compensações e incentivos regulatórios. Universidade de São Paulo. Ano 2017.

PÉREZ, Jenny Paola González. Propostas de procedimentos para estabelecimento de metas de qualidade do serviço de distribuição de energia elétrica. *Dissertação de Mestrado*. Universidade de São Paulo. Ano: 2012.

PESSANHA, José Francisco Moreira. Um Modelo de Análise Envoltória de Dados para Estabelecimento das Metas de Continuidade do Fornecimento de Energia Elétrica. Rio de Janeiro, Brasil: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Ano: 2006.

PRETTICO, G.; MARINOPOULOS, A.; VITIELLO, S. *Guiding electricity distribution system investments to improve service quality: A European study*. Fonte: Pergamon, v. 77, p. 101381: ISSN 0957-1787. DOI: 10.1016/J.JUP.2022.101381. Ano: 2022.

SANTOS, F. C. METODOLOGIA DE AUXÍLIO NA TOMADA DE DECISÃO NA FORMAÇÃO DE CONJUNTOS DE UNIDADES CONSUMIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA. Belém , PA: Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Enegenharia Elétrica - PPGEE. Universidade Federal do Pará - UFPA. Ano: 2010.

SHVEDOVA, V. (s.d.). *Application of Benchmarking in Electric Power Distribution Tariff-Setting*. Fonte: DOI: 10.1109/REEPE49198.2020.9059141: https://ieeexplore.ieee.org/document/9059141

SILVEIRA, Cristiano.; SACCHI, Gustavo.; UEHARA, Alden.; BARIONI, Carlos.; DUTRA, Maurício.; TERCEIRO, Jyvago.; SOUZA, Thiago. (2023). Proposal for improvement of the supply continuity regulation in Brazil. *27TH International Conference on Electricity Distribution (CIRED 2023). DOI: 10.1049/icp.2023.1242.* International Conference on Electricity Distribution.

SILVEIRA, Cristiano.; SACCHI, Gustavo.; UEHARA, Alden.; BARIONI, Carlos.; DUTRA,Maurício.; CASTELLO BRANCO, Jyvago.; SOUZA, Thiago.;VOLKMER, Felipe.. Nova definição de conjuntos de unidades consumidoras no âmbito da qualidade do fornecimento de energia elétrica no Brasil. *XV Conferência Brasileira sobre Qualidade da Energia Elétrica (CBQEE 2023)*. Sociedade Brasileira de Qualidade da Energia Elétrica.. Ano 2023.

SPERANDIO, Maurício. Classificação de conjuntos consumidores de energia elétrica via mapas auto-organizáveis e estatística multivariada. *Dissertação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Ano: 2004.

TANURE, José Eduardo Pinheiro Santos; TAHAN, Carlos Márcio Vieira;LIMA, J. W. Marangon. Establishing quality performance of distribution companies based on yardstick regulation. *IEEE Transactions on Power Systems, V. 21,*. 2006. DOI: 10.1109/TPWRS.2006.879283.

TANURE, José Eduardo Pinheiro Santos a. ANÁLISE COMPARATIVA DE EMPRESAS DE DISTRIBUIÇÃO PARA O ESTABELECIMENTO DE METAS DE DESEMPENHO PARA INDICADORES DE CONTINUIDADE DO SERVIÇO DE DISTRIBUIÇÃO. Itajubá, Minas Gerais: Dissertação de Mestrado. Program de Pós Graduação em Engenharia Elétrica. Escola Federal de Engenharia de Itajubá. Ano: 2000.

TERCEIRO, J. C. METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA A DEFINIÇÃO DE LIMITES DE INDICADORES DE CONTINUIDADE DE CONJUNTOS DE UNIDADES CONSUMIDORAS DE EMPRESAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Florianópolis, Santa Catarina: Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Ano: 2024.

THIMOTEO, L.; BORGES, T.; VELLASCO, M.; TANSCHEIT, R. (s.d.). Clusterização Fuzzy Otimizada para Estabelecimento de Limites Coletivos dos Indicadores de Continuidade. DOI: 10.48011/sbse.v1i1.2444.

VISCUSI, W.; HARRINGTON JR., J.; VERNOM, J. (2018). Economics of Regulation and Antitrust. *The MIT Pres*. ISBN 9780262038065.

WEISMAN, D.; SAPPINGTON, D. (2010). Price cap regulation: what have we learned from 25 years of experience in the telecommunications industry. *Journal of Regulatory Economics, v. 28, p. 227–257*. DOI: 10.1007/s11149-010-9133-0.