



UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA E DE
TELECOMUNICAÇÕES

RILLER MARINHO RAMOS

**Determinação da Meta dos Indicadores de
Continuidade DEC e FEC Considerando Custos
Operacionais e Investimentos na Rede de
Distribuição**

Niterói-RJ
Novembro de 2021

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE
Gerada com informações fornecidas pelo autor

R175d Ramos, Riller Marinho
DETERMINAÇÃO DA META DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE DEC E
FEC CONSIDERANDO CUSTOS OPERACIONAIS E INVESTIMENTOS NA REDE
DE DISTRIBUIÇÃO / Riller Marinho Ramos ; Henrique de Oliveira
Henriques, orientador. Niterói, 2021.
100 f.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense,
Niterói, 2021.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PPGEET.2021.m.12581061758>

1. Qualidade de energia. 2. Indicadores de continuidade. 3.
Retorno de investimentos. 4. Investimento em manutenção. 5.
Produção intelectual. I. Henrique, Henrique de Oliveira,
orientador. II. Universidade Federal Fluminense. Escola de
Engenharia. III. Título.

CDD -

Bibliotecário responsável: Debora do Nascimento - CRB7/6368

RILLER MARINHO RAMOS

**Determinação da Meta dos Indicadores de
Continuidade DEC e FEC Considerando Custos
Operacionais e Investimentos na Rede de
Distribuição**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Engenharia Elétrica e de Telecomunicações (PPGEET) da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações.

Orientador: Prof. DSc Henrique de Oliveira Henriques

Niterói-RJ

Novembro de 2021

RILLER MARINHO RAMOS

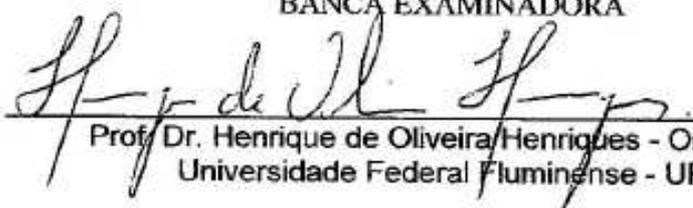
DETERMINAÇÃO DA META DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE DEC E
FEC CONSIDERANDO CUSTOS OPERACIONAIS E INVESTIMENTOS NA REDE
DE DISTRIBUIÇÃO

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Elétrica e de Telecomunicações da Universidade
Federal Fluminense como requisito parcial para a
Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia
Elétrica e de Telecomunicações.

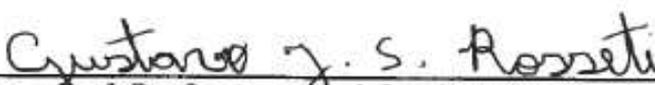
Área de concentração: Sistemas de Energia
Elétrica.

Aprovado em 30 de novembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Henrique de Oliveira Henriques - Orientador
Universidade Federal Fluminense - UFF


Prof. Dr. Marcio Zamboti Fortes
Universidade Federal Fluminense – UFF


Prof. Dr. Gustavo José Santiago Rosseti
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - IF
SUDESTE MG

Niterói
2021

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha mãe Márcia que me deu suporte em todos os momentos da minha vida.

Agradecimentos

Primeiro a Deus, por ter me ensinado que as dificuldades servem para nos incentivar a nos esforçarmos mais e mais, e que a fé pode nos levar aonde quisermos.

À minha mãe, Márcia por toda a dedicação, esforço e garra para que meu irmão e eu pudéssemos alcançar nossos objetivos.

À minha esposa Karina pela compreensão, amor, paciência, companheirismo, por entender meus momentos de estresse e ansiedade nesse período de Mestrado e por estar sempre torcendo por mim.

Aos meus amigos de longa data que tiveram paciência e compreensão, e que os momentos em que estive ausente foram por um objetivo maior e que hoje estou conseguindo realizar.

Ao colega de trabalho Diogo Bragança por toda a sua disponibilidade e paciência em ajudar com a parte de desenvolvimento computacional, pois sem sua ajuda com certeza minha luta teria sido bem mais árdua.

Ao professor Henrique Henriques por ter me auxiliado, ter me dado todo o suporte necessário para realização desse trabalho, a paciência em acreditar que eu conseguiria realizar essa pesquisa, pois sem a ajuda dele tenho certeza que esse trabalho seria inviável.

A Universidade Federal Fluminense – UFF pela oportunidade de aprendizado e crescimento profissional em uma instituição de grande renome.

“Que o medo de falhar nunca supere a vontade de conseguir”

Mayara Benatti

Resumo

Na maioria dos países ao redor do mundo, a agência reguladora fiscaliza a qualidade de fornecimento de energia das empresas distribuidoras. No Brasil, esta função é exercida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Para se manter dentro dos limites de qualidade e atender aos clientes da melhor forma possível, evitando reclamações sobre os serviços prestados, perdas de consumo por motivos de falta de energia, etc., as distribuidoras adotam uma série de medidas de manutenção preventivas e corretivas, buscando reduzir falhas e melhorar seu sistema elétrico. São realizados estudos periódicos em grupos de alimentadores, designados pela ANEEL como conjuntos elétricos. Esses estudos visam verificar quais interrupções ocorreram e por quais causas, quais circuitos já foram vistoriados, quanto tempo se passou desde a última manutenção realizada e qual ação deve ser tomada para evitar novas falhas. Todas as medidas tomadas visam um objetivo em comum, que é fornecer energia de qualidade ao cliente. Visto isso, a ANEEL estipula metas, baseado em um processo de *benchmarking*, descrito neste trabalho, para os indicadores de qualidade DEC e FEC para um período de um ano (outubro a setembro, por exemplo), respeitando também o período de revisão tarifária que pode ocorrer de cinco em cinco anos. Para a concessionária de energia alcançar tais metas, ela deve realizar muitas vezes, altos investimentos na rede que podem ou não ter retorno financeiro. Este trabalho apresenta análise comparativa entre o método de definição de metas de DEC e FEC da ANEEL e o método visando retorno econômico operacional, utilizando dados de cinco conjuntos elétricos, situados em áreas de diferentes características, tanto em relação a seus indicadores quanto aos investimentos realizados, objetivando buscar um valor de DEC e FEC limites para que a distribuidora tenha um retorno do investimento no âmbito da manutenção. Os resultados alcançados mostraram qual o valor de indicador que a distribuidora deve operar para obter retorno do investimento.

Palavras-Chave: Qualidade de energia, indicadores de continuidade, manutenção, retorno de investimentos.

Abstract

In most countries around the world, the regulatory agency oversees the quality of energy supply of the distribution companies. In Brazil, this function is performed by the National Agency of Electrical Energy (ANEEL). To keep within quality limits and serve customers in the best possible way, avoiding complaints about the services provided, consumption losses due to power outages, etc., the distributor adopts a series of preventive and corrective maintenance measures, seeking to reduce failures and improve its electrical system. Periodic studies are carried out in groups of feeders, designated by ANEEL as electrical sets. These studies aim to verify which outages have occurred and for what causes, which circuits have already been inspected, how much time has passed since the last maintenance performed, and what action should be taken to avoid new failures. All the measures taken aim at a common objective, which is to supply quality energy to the customer. With this in mind, ANEEL stipulates goals, based on a benchmarking process, described in this work, for the DEC and FEC quality indicators for a one year period (October to September, for example), respecting also the tariff revision period that may occur every five years. For the power utility to achieve these goals, it must often make high investments in the grid that may or may not have a financial return. This work presents a comparative analysis between ANEEL's DEC and FEC target setting method and the method aiming for economic operational return, using data from five electric sets, located in areas with different characteristics, both in relation to their indicators and the investments made, aiming to find a DEC and FEC limit value so that the distributor has a return on investment in maintenance. The results achieved showed which indicator value the distributor should operate to obtain a return on investment.

Keywords: Power quality, continuity indicators, maintenance, return on investments.

Lista de tabelas

Tabela 1 - Limites DEC e FEC - Conjunto de Consumidores	06
Tabela 2 - Limites DEC e FEC - Unidades Consumidoras.....	07
Tabela 3 - Atributos selecionados para a metodologia comparativa.....	18
Tabela 4 - Valores de DEC por Conjunto.....	25
Tabela 5 - Valores de FEC por Conjunto.....	26
Tabela 6 - CAPEX investido.....	27
Tabela 7 - OPEX utilizado.....	28
Tabela 8 - Atendimentos de emergências.....	30
Tabela 9 - Podas	31
Tabela 10 - Faturamento Bruto dos Conjuntos.....	32
Tabela 11 - Compensação Financeira dos conjuntos.....	33
Tabela 12 - Caracterização dos conjuntos.....	34
Tabela 13 - Área de atendimento.....	35
Tabela 14 - Conversões dos parâmetros.....	36
Tabela 15 - Deltas dos parâmetros Financeiros (receitas).....	38
Tabela 16 - Deltas totais dos parâmetros Financeiros (receitas).....	38
Tabela 17 - Dados para formação do gráfico.....	39
Tabela 18 - Resultados simulação sensibilidade.....	44
Tabela 19 - Valores Comparativos anuais do Conjunto 1.....	46
Tabela 20 - Valores comparativos anuais do conjunto 2.....	47
Tabela 21 - Valores Comparativos anuais do conjunto 3.....	49
Tabela 22 - Valores comparativos anuais do conjunto 4.....	50
Tabela 23 - Valores comparativos anuais do conjunto 5.....	52
Tabela 24 - Valores Comparativos Totais	55
Tabela 25 - Análise dos valores ocorridos nos anos (2016 – 2020) / Conj. 1.....	56
Tabela 26 - Análise dos valores ocorridos nos anos (2016 – 2020) / Conj. 2.....	57
Tabela 27 - Análise dos valores ocorridos nos anos (2016 – 2020) / Conj. 3.....	58
Tabela 28 - Análise dos valores ocorridos nos anos (2016 – 2020) / Conj. 4.....	59
Tabela 29 - Análise dos valores ocorridos nos anos (2016 – 2020) / Conj. 5.....	60

Lista de figuras

Figura 1 – Indicadores.....	13
Figura 2 - Síntese do Processo.....	17
Figura 3 - DEC Limite, Conjunto 1.....	39
Figura 4 - Tela de abertura.....	40
Figura 5 - Tela inserção de dados.....	41
Figura 6 - Seleção de dados.....	41
Figura 7 - Carregamento de dados.....	42
Figura 8 - Seleção de Conjunto.....	42
Figura 9 - Tela de Resultados.....	43
Figura 10 - Fluxograma Programa.....	43
Figura 11 - DEC Limite, Conjunto 1.....	46
Figura 12 - FEC limite, Conjunto 1.....	47
Figura 13 - DEC limite, Conjunto 2.....	48
Figura 14 - FEC limite, Conjunto 2.....	48
Figura 15 - DEC limite, Conjunto 3.....	49
Figura 16 - FEC limite, Conjunto 3	50
Figura 17 - DEC limite, Conjunto 4.....	51
Figura 18 - FEC limite, Conjunto 4.....	52
Figura 19 - DEC Limite, Conjunto 5.....	53
Figura 20 - FEC limite, Conjunto 5.....	53

Lista de equações

Equação 1	11
Equação 2	11
Equação 3	11
Equação 4	11
Equação 5	12
Equação 6	12
Equação 7	19
Equação 8	20
Equação 9	20
Equação 10	35
Equação 11.....	35
Equação 12.....	36
Equação 13.....	36
Equação 14.....	36
Equação 15.....	36
Equação 16	37
Equação 17.....	37
Equação 18.....	38
Equação 19.....	38
Equação 20.....	39
Equação 21.....	46
Equação 22.....	47
Equação 23	48
Equação 24	48
Equação 25	49
Equação 26.....	50
Equação 27.....	51
Equação 28.....	52
Equação 29.....	53
Equação 30.....	54

Lista de abreviaturas

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
BDGD	Banco de Dados Geográficos da Distribuidora
BT	Baixa Tensão
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i>
CO	Custos Operacionais
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
DIC	Duração de Interrupções por Unidade Consumidora ou ponto de conexão
DICRI	Duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão
DMIC	Duração Máxima das Interrupções por Unidade Consumidora ou ponto de Conexão
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
FIC	Frequência de Interrupções por Unidade Consumidora ou ponto de conexão
MT	Média Tensão
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
OPEX	<i>Operational Expenditure</i>
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PRORET	Procedimentos de Regulação Tarifária

QRR Quota de Reintegração Regulatória

RC Remuneração do Capital

SEP Sistema Elétrico de Potência

SIN Sistema Interligado Nacional

Sumário

Capítulo 1 - Introdução	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Motivação, importância e justificativa	2
1.3 Sequência metodológica	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	3
Capítulo 2 - Fundamentação Teórica.....	4
2.1 Caracterização do Setor Elétrico	4
2.1.1 Regulamentação do setor elétrico no Brasil.....	4
2.1.2 Qualidade de Energia - Regulação.....	6
2.1.3 Metodologia para definição dos Indicadores - Resolução 024 (ANEEL, 2000).....	8
2.1.4 Qualidade de Energia Elétrica - Módulo 8 do PRODIST.....	9
2.1.5 Metodologia vigente para definição dos limites	13
2.2 Definição dos indicadores por conjuntos	15
2.3 Revisão tarifária	19
2.4 Manutenção.....	21
2.4.1 Manutenção corretiva	21
2.4.2 Manutenção preventiva.....	22
2.5 Origem Econômica dos Investimentos - CAPEX E OPEX	22
2.6 Linguagem de Programação Utilizada.....	23
2.7 Revisão bibliográfica.....	24
Capítulo 3 - Método e ferramenta de pesquisa	26
3.1 Objeto do Estudo.....	26
3.2 Procedimentos de Coleta de Dados.....	26

3.3 Procedimentos de Análise de Dados	27
3.3.1 DEC.....	27
3.3.2 FEC	28
3.3.3 Investimentos	29
3.3.4 Atendimentos de Emergência	31
3.3.5 Podas em árvores	32
3.3.6 Faturamento dos Conjuntos	33
3.3.7 Compensação Financeira	34
3.3.8 Características dos Conjuntos.....	36
3.3.9 Localidade	36
3.4 Método de Cálculo dos DEC e FEC Limites.....	37
3.5 Desenvolvimento da ferramenta computacional	42
3.6 Simulação das interpolações para análise de sensibilidade.....	45
Capítulo 4 - Análises Comparativas.....	47
Capítulo 5 - Análises dos resultados.....	57
5.1 Análise de resultados para o Conjunto 1	57
5.2 Análise de resultados para o Conjunto 2	58
5.3 Análise de resultados para o Conjunto 3	60
5.4 Análise de resultados para o Conjunto 4	61
5.5 Análise de resultados para o Conjunto 5	63
Capítulo 6 - Conclusões e trabalhos futuros.....	65
6.1 Conclusões.....	65
6.2 Trabalhos futuros.....	66
Referências bibliográficas	67
Apêndices A	71

Capítulo 1 - Introdução

O sistema elétrico brasileiro tem a qualidade de fornecimento de energia regulada e fiscalizada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Dessa forma as distribuidoras de energia elétrica têm se especializado e focado a cada dia em técnicas de manutenção preditiva e preventiva, visando a redução de possíveis falhas em seu sistema de distribuição. A regulamentação dos indicadores de qualidade de energia, acompanhada pela ANEEL, segue a documentação normativa descrita no módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST).

A cada período de revisão tarifária há a definição de metas por grupos de subestações e alimentadores, denominados conjuntos elétricos, dos indicadores a serem mantidos ou alcançados, a fim de evitar multas por compensações financeiras, reclamações, insatisfação dos clientes e manter a concessão da área adquirida junto ao órgão regulador. Para se alcançar tais metas estipuladas, a distribuidora deve investir um capital no sistema de distribuição, para realizar serviços de recondutoramento de circuitos, trocar equipamentos de proteção, realizar manutenções preventivas, podas em árvores próximas a rede que possam vir a ocasionar interrupções, etc. Dependendo do tipo de serviço, os custos são classificados em investimento operacional (OPEX) ou de capital (CAPEX).

Todo esse investimento, quando oriundo de um serviço CAPEX, é contabilizado na Base de Remuneração Regulatória da Companhia e inserido posteriormente na cobrança da fatura de energia elétrica, quando houver nova revisão tarifária, obedecendo os limites estipulados pela ANEEL. Existe grande incerteza das distribuidoras, em relação ao montante a investir em melhorias de rede elétrica, visando o melhor desempenho e redução de falhas. A dúvida se dá pelo tempo de retorno do investimento frente ao capital investido, tendo em vista que para se alcançar alguns níveis de indicadores, o valor a ser aplicado poderá ser alto e o consumo dos clientes em determinados conjuntos poderá ser baixo.

Esta dissertação procura realizar uma análise comparativa dos investimentos empregados pela distribuidora para manter dentro dos limites dos indicadores de confiabilidade de cinco conjuntos elétricos, com características diferentes, verificando qual o valor gasto pela distribuidora na tentativa de alcançar ou se manter nas metas estipuladas pela ANEEL.

1.1 Objetivos

Apresentar análise comparativa entre conjuntos elétricos, de uma distribuidora de energia elétrica, em relação as metas indicadas pela ANEEL, os valores de indicadores alcançados, o custo gerado para a distribuidora obter os resultados esperados e as condições operativas e os limites de DEC e FEC que trazem retorno financeiro.

1.2 Motivação, importância e justificativa

A motivação para a realização desse trabalho de dissertação de mestrado, vem da necessidade de avaliar se as metas para os indicadores de qualidade estipulados pela ANEEL, não trazem prejuízo a distribuidora de energia elétrica.

Um grande problema para a distribuidora, é definir quanto será necessário investir em melhorias de rede elétrica, visando o melhor desempenho e redução de falhas, tendo em vista que para se alcançar alguns níveis de indicadores o valor a ser aplicado poderá ser alto e o consumo dos clientes naquela região poderá ser baixo.

A relevância desse trabalho é apresentar uma metodologia que possa mostrar que podem ocorrer investimentos na distribuidora, tanto em metodologias e técnicas de manutenção, quanto em capital que embora contribuam para atingir as metas da ANEEL, podem ou não trazer retorno financeiro.

1.3 Sequência metodológica

O trabalho foi realizado tomando por base a forma como são gerados os indicadores pela ANEEL. Posteriormente foi realizada uma análise comparativa de cinco conjuntos elétricos, de características diferentes devido à ocupação e densidade de carga, escolhidos em uma distribuidora. Primeiramente foi realizado uma pesquisa junto aos documentos divulgados pela ANEEL a fim de entender como são gerados os indicadores para cada período de concessão da distribuidora de energia. Foi realizado um levantamento de dados das ocorrências de interrupções, dos conjuntos selecionados, dos indicadores de qualidade, bem como os dados de compensações financeiras para um período de 5 anos. Por fim, foi feito um levantamento das informações pertinentes aos investimentos realizados na rede

buscando melhoria de desempenho. A partir desses dados foram organizadas análises para entender qual o custo e retorno, tanto de indicadores, quanto financeiro.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação é composta por 6 capítulos, como se seguem:

O Capítulo 1 refere-se à introdução, onde são apresentados aspectos gerais sobre o trabalho desenvolvido.

O Capítulo 2 descreve os principais fundamentos e conceitos pertinentes às características relativas a qualidade de energia no Brasil.

O Capítulo 3 apresenta como foram levantadas as informações, bem como as ferramentas necessárias e o desenvolvimento de algoritmo computacional utilizado para o estudo em questão.

No Capítulo 4 consta o estudo de caso realizado, comparando as informações dos cinco conjuntos separados para esse trabalho.

O Capítulo 5 apresenta as informações referentes ao resultado das análises comparativas.

O Capítulo 6 finaliza o trabalho com as considerações finais, conclusão e trabalhos futuros.

Capítulo 2 - Fundamentação Teórica

No presente capítulo são apresentados os fundamentos mais relevantes e pertinentes à realização deste trabalho.

2.1 Caracterização do Setor Elétrico

A Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE), descreve o sistema de distribuição de energia sendo aquele em que a rede de energia elétrica acaba se confundindo com a topografia das cidades, as ramificações ao longo de ruas e avenidas para realizar a conexão com o sistema elétrico. A composição do sistema de distribuição pode ser descrita por equipamentos diversos de medição, controle e por redes elétricas.

O sistema de distribuição é composto pelas redes elétricas que operam em níveis de alta tensão (superior a 69 kV e inferior a 230 kV), média tensão (superior a 1 kV e inferior a 69 kV) e baixa tensão (igual ou inferior a 1 kV). Os tipos de rede de distribuição podem ser divididos em aéreas (redes convencionais, redes compactas e redes isoladas) e subterrâneas (ABRADEE, 2021).

Baseado nos dados da ABRADEE, dentre os grupos do Setor Elétrico Brasileiro, a distribuição é o que tem o maior grau de regulação e fiscalização através das condições, responsabilidades e penalidades relativas à conexão, planejamento e expansão, operação e medição da energia elétrica (ABRADEE, 2021).

2.1.1 Regulamentação do setor elétrico no Brasil

De acordo com a Constituição Federal de 1988, a incumbência de serviços públicos ficaria ligada ao Poder público sob regime de concessão ou permissão, sempre através de licitação, na forma de lei. A lei caracterizava ainda o regime das empresas concessionárias e permissionárias de serviços públicos, bem como contrato, prorrogação, fiscalização e

rescisão. Ficariam ainda definidos por lei, os direitos do usuários, tarifas e qualidade do serviço (CONGRESSO NACIONAL DO BRASIL, 1988).

Em 1993 foi iniciado o Projeto “*Re-Seb*”, que objetivava realizar uma reestruturação do setor elétrico brasileiro, buscando assegurar a oferta de energia, estimular o investimento no setor, reduzir os riscos para os investidores, maximizar a competição e fortalecer o órgão regulador (MEYER, 2007). Um grande marco para o setor elétrico foi a Lei nº 9.074/95 que estabeleceu mudanças relevantes para o setor. Alguns novos parágrafos foram definidos, tais como:

- ✓ Foi estabelecido o Livre Acesso aos sistemas de transmissão e distribuição;
- ✓ Forçou a revisão e renovação de todos os contratos de concessão;
- ✓ Foi definido o período de concessão e permissão, de vinte e cinco anos, podendo ser prorrogado por dez anos.
- ✓ Foram definidos os critérios para a venda de energia elétrica por produtor independente; (CONGRESSO NACIONAL DO BRASIL, 1995).

Em 1996 através da lei nº 9.427, foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), como Regulador Independente. Já em 1998, a Lei nº 9.648, criou o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) (MEYER, 2007)

A Lei 10.848 de 2004, deu base ao chamado “Novo modelo do Setor elétrico”, tendo sido decorrente de um projeto de conversão da MP de número 144, definindo as figuras do produtor independente e a do comercializador de energia. As atividades oriundas da transmissão e distribuição de energia elétrica, passaram a ser objeto de concessão de serviço público, com tarifas reguladas pela ANEEL, atuando sob delegação da União Federal (MEYER, 2007).

Em 2012, foi apresentada uma proposta de Medida Provisória pelo Governo, objetivando aperfeiçoar o marco institucional do Setor de Energia. Surge, então, um pacote de medidas lançado pelo Governo: a Medida Provisória (MP) nº 579, desse ano, que foi convertida na Lei nº 12.783/2013. Através dessa Lei foram definidas regras para o processo de renovação das concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (CONSTANTI, 2013).

As concessões de distribuição, geração e transmissão de energia elétrica outorgadas antes da publicação da Lei nº 8.987/1995 e não licitadas, também estavam incluídas. Essas concessões teriam seus prazos vencendo a partir de 2014, pois a Lei nº 9.074/1995 permitiu

a prorrogação pelo prazo de até 20 anos, a contar de 8 de julho de 1995, para aquelas que estavam vencidas.

Para aquelas que ainda não estavam vencidas, o prazo seria contado a partir do término da concessão (MEYER, 2007).

2.1.2 Qualidade de Energia – Regulação

A Regulação da qualidade de energia no Brasil foi iniciada através da Portaria 46/1978 em 17 de abril de 1978, pelo já extinto Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), onde ficaram estabelecidos os indicadores de continuidade do fornecimento de energia elétrica a serem observados pelas concessionárias de serviços públicos para o Brasil. Dessa forma, a Portaria determinou que os indicadores DEC e FEC deveriam ser apurados para cada conjunto da unidade consumidora, considerando as interrupções com duração superior a 3 minutos (BERNARDO, 2013).

Quanto aos limites, foram estabelecidos os valores máximos anuais dos índices de continuidade por conjunto (DEC e FEC) e os valores máximos anuais por consumidor, levando em consideração o padrão de rede, a tensão de atendimento e a classificação da área em urbana e rural. As Tabela 1 e 2 apresentam esses limites (CONSTANTI, 2013).

Tabela 1 - Limites DEC e FEC - Conjunto de Consumidores

Conjunto de Consumidores	DEC	FEC (interrupções)
Consumidores em tensão de transmissão ou subtransmissão	15	25
Atendido por sistema Subterrâneo com secundário reticulado	15	20
Atendido por sistema Subterrâneo com secundário radial	20	25
Atendido por sistema aéreo, com mais de 50.000 consumidores	30	45
Atendido por sistema aéreo, com número de consumidores entre 15.000 e 50.000	40	50
Atendido por sistema aéreo, com número de consumidores entre 5.000 e 15.000	50	60

Atendido por sistema aéreo, com número de consumidores entre 1.000 e 5.000	70	70
Atendido por sistema aéreo, com menos de 1.000 consumidores	120	90

Fonte: Portaria DNAEE nº 46/1978 – padrões coletivos

Tabela 2 - Limites DEC e FEC - Unidades Consumidoras

Unidades Consumidoras	Horas	Número de Interrupções
Consumidores atendidos por sistema Subterrâneo	30	35
Consumidores atendidos em tensão de transmissão ou subtransmissão igual ou superior a 69 kV	30	40
Consumidores atendidos em tensão de transmissão ou subtransmissão inferior a 69 kV ou em tensão primária de distribuição, cuja unidade de consumo não se situe em zona rural	80	70
Consumidores atendidos em tensão secundária de distribuição e pertencentes a conjuntos com mais de 1.000 consumidores, cuja unidade de consumo não se situe em zona rural	100	80
Consumidores localizados em zona rural atendidos por sistema de distribuição, ou pertencentes a quaisquer conjuntos com menos de 1.000 consumidores	150	120

Fonte: Portaria DNAEE nº 46/1978 – padrões individuais

Além das metas anuais, também foram fixados limites trimestrais, sendo estes, 40% das metas anuais. Esses valores trimestrais e anuais definidos, no entanto, se mostraram inadequados, de forma que não consideravam as características das regiões atendidas, logo, conjuntos com características muito distintas poderiam ter a mesma meta de continuidade (BERNARDO, 2013).

Vale destacar que essa portaria não definiu a penalização caso as concessionárias ultrapassassem os valores estabelecidos. Tendo apenas uma obrigação de, em um prazo de 180 dias, a concessionária adotar as providências que se fizessem necessárias à normalização do fornecimento quando fossem apurados valores superiores aos limites (CONSTANTI, 2013).

No ano de 2000, a resolução da ANEEL (2000), continuou utilizando indicadores para mensurar a continuidade do fornecimento de energia, porém foram estabelecidas metas

para cada agrupamento comum aos conjuntos. Também houve através da resolução, a introdução de penalidades caso as metas não fossem alcançadas, gerando a compensação financeira que seria paga ao cliente, criando assim uma forma de incentivar a melhoria na qualidade do fornecimento de energia. Surgiram então os indicadores de continuidade por consumidor de Duração de Interrupções por Unidade Consumidora ou ponto de conexão (DIC) e de Frequência de Interrupções por Unidade Consumidora ou ponto de conexão (FIC) (CONSTANTI, 2013).

Além dos indicadores de continuidade, na Portaria DNAEE nº 046/1978, passou-se a considerar também o indicador individual de Duração Máxima das Interrupções por Unidade Consumidora ou ponto de Conexão (DMIC).

Quanto aos critérios para formação de conjuntos de unidades consumidoras para o estabelecimento das metas, o art. 8º dessa resolução estabeleceu que, os conjuntos de unidades consumidoras deverão abranger toda a área atendida pela distribuidora e não poderão ser agrupadas, em um mesmo conjunto, unidades consumidoras situadas em áreas não contíguas (CONSTANTI, 2013).

2.1.3 Metodologia para definição dos Indicadores - Resolução 024 (ANEEL, 2000)

Para a definição dos seus conjuntos a serem avaliados pela ANEEL, as concessionárias tinham liberdade para realizar a formação dos seus mesmos, desde que respeitassem alguns critérios pré-estabelecidos:

- ✓ Os conjuntos deveriam permitir a identificação geográfica das unidades consumidoras;
- ✓ As localidades com unidades consumidoras em áreas não contíguas, não poderiam estar em um mesmo conjunto;
- ✓ Os seguintes atributos deveriam ser respeitados: a área do conjunto, quantidade total de unidades, potência instalada, média mensal de energia consumida e se o conjunto pertencia ao Sistema interligado Nacional (SIN).

Tendo como referência esses atributos físico-elétricos e os dados históricos de DEC e FEC, a ANEEL estabelecia os limites de continuidade para todos os conjuntos de unidades

consumidoras através da aplicação da técnica de análise comparativa de desempenho distribuidora. No caso de violação desses limites, a concessionária era penalizada por meio do pagamento compensação financeira aos consumidores, que era calculada pela distribuidora e servia como crédito do valor na fatura de energia elétrica do consumidor no mês subsequente à apuração (CONSTANTI, 2013).

Esta liberdade na formação dos conjuntos acabou resultando em algumas distorções para a realização de análises comparativas, já que com diferentes critérios os conjuntos eram distintos (BERNARDO, 2013).

2.1.4 Qualidade de Energia Elétrica - Módulo 8 do PRODIST

Os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) contêm 11 módulos e são documentos cujo objetivo é normatizar e padronizar as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição. Basicamente o módulo 8 é dividido em 3 submódulos, onde o submódulo 8.1 é relacionado a Qualidade do Produto, buscando estabelecer indicadores e metas para a tensão em regime permanente e às perturbações de onda de tensão. O submódulo 8.2 refere-se à Qualidade do Serviço, estabelecendo conjuntos de unidades consumidoras, bem como os limites e procedimentos relativos à continuidade e tempo relacionados ao atendimento prestado pela distribuidora. O submódulo 8.3 estabelece os valores de indicadores referente a qualidade do atendimento comercial (ANEEL, 2021).

Conforme descrito no PRODIST os indicadores relativos ao tempo de atendimento às ocorrências emergenciais deverão ser supervisionados, avaliados e controlados por meio de indicadores que expressem os valores vinculados aos conjuntos. Serão avaliados também o tempo médio de preparação, dimensionamento de equipe, tempo médio de deslocamento, bem como o tempo médio de execução. A coleta de dados deverá contemplar todas as ocorrências emergenciais, salvo as: solicitações para atendimentos à rede de iluminação pública, serviços de caráter comercial, reclamações de níveis de tensão e reclamações de serviços programados devidamente avisados. O procedimento ainda inclui quais informações

pertinentes à apuração deverão ser informadas, tais como, número de ordem, data, horário, descrição da ocorrência, entre outras informações (PRODIST, 2021).

A continuidade do fornecimento continua sendo avaliada pela ANEEL através de subdivisões das distribuidoras, denominadas conjuntos Elétricos. O conjunto elétrico pode ter abrangência variada, por exemplo, um conjunto grande pode abranger mais de um município, ao mesmo tempo em que alguns municípios podem possuir mais de um conjunto. Os indicadores de qualidade devem ser apurados pelas distribuidoras e enviados à ANEEL, que irá verificar a veracidade e qualidade dos serviços prestados (PRODIST, 2021). São apurados tanto os indicadores coletivos de qualidade DEC e FEC, quanto os indicadores individuais de continuidade DIC, FIC, DMIC e DICRI, detalhados a seguir:

- ✓ Duração de interrupção individual por unidade consumidora (DIC): Intervalo de tempo que, no período de apuração, em cada unidade consumidora ou ponto de conexão, ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica;
- ✓ Frequência de interrupção individual por unidade consumidora (FIC): Número de interrupções ocorridas, no período de apuração, em cada unidade consumidora ou ponto de conexão;
- ✓ Duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou ponto de conexão (DMIC): Tempo máximo de interrupção contínua de energia elétrica, em uma unidade consumidora ou ponto de conexão; e
- ✓ Duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão (DICRI): Corresponde à duração de cada interrupção ocorrida em dia crítico, para cada unidade consumidora ou ponto de conexão (ANEEL, 2016).

Os limites dos indicadores DIC e FIC são definidos para períodos mensais, trimestrais e anuais. O limite do indicador DMIC é definido para períodos mensais. O limite do indicador DICRI é definido para cada interrupção em dia crítico (ANEEL, 2016).

O submódulo 8.2 estabeleceu os cálculos pertinentes tanto aos indicadores coletivos de continuidade, quanto aos indicadores individuais. Para os indicadores individuais, o DIC é calculado seguindo a Equação 1.

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

Já o FIC é calculado através da Equação 2.

$$FIC=n \quad (2)$$

O DMIC é calculado utilizando a seguinte Equação 3.

$$DMIC=t(i)max \quad (3)$$

O DICRI é dado através da Equação 4.

$$DICRI=t_{crítico} \quad (4)$$

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;

$t(i) max$ = valor correspondente ao tempo da máxima duração de interrupção contínua (i), no período de apuração, verificada na unidade consumidora ou no ponto de conexão considerado, expresso em horas e centésimos de horas;

$t_{crítico}$ = duração da interrupção ocorrida em Dia Crítico. (PRODIST, 2021)

É importante mencionar que, de acordo com o Módulo 1 do PRODIST, dia crítico é o dia em que a quantidade de ocorrências emergenciais for maior que a média relativa aos 24 meses anteriores ao ano.

Já para os indicadores coletivos de continuidade, deverão ser apurados os indicadores para cada conjunto de unidades consumidoras, sendo o cálculo de DEC representado pela Equação 5.

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{C_c} DIC(i)}{C_c} \quad (5)$$

Já para o FEC o cálculo segue a Equação 6.

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^{C_c} FIC(i)}{C_c} \quad (6)$$

i = índice de unidades consumidoras atendidas em baixa tensão (BT) ou média tensão (MT) faturadas do conjunto;

C_c = número total de unidades consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração, atendidas em BT ou MT (PRODIST, 2021).

Adicionalmente, para apuração dos indicadores DEC e FEC, as interrupções são segregadas nos seguintes indicadores:

- ✓ DECxp e FECxp – DEC ou FEC devido a interrupção de origem externa ao sistema de distribuição e programada, não ocorrida em dia crítico;
- ✓ DECxn e FECxn – DEC ou FEC devido a interrupção de origem externa ao sistema de distribuição e não programada, não ocorrida em dia crítico;
- ✓ DECip e FECip – DEC ou FEC devido a interrupção de origem interna ao sistema de distribuição e programada, não ocorrida em dia crítico;
- ✓ DECind e FECind – DEC ou FEC devido a interrupção de origem interna ao sistema de distribuição, não programada e não expurgável.
- ✓ DECine e FECine – DEC ou FEC devido a interrupção de origem interna ao sistema de distribuição, não programada e ocorrida em situação de emergência;
- ✓ DECinc e FECinc – DEC ou FEC devido a interrupção de origem interna ao sistema de distribuição, não programada, ocorrida em dia crítico e não ocorrida nas situações de interrupção em situação de emergência, vinculadas a programas de racionamento instituídos pela União ou oriundas de atuação de esquemas de alívio de carga solicitado pelo ONS;
- ✓ DECino e FECino – DEC ou FEC devido a interrupção de origem interna ao sistema de distribuição, não programada e ocorrida nas situações vinculadas a programas de racionamento instituídos pela União ou oriundas de atuação de esquemas de alívio de carga solicitado pelo ONS;
- ✓ DECipc e FECipc – DEC ou FEC devido a interrupção de origem interna ao sistema de distribuição, programada, ocorrida em dia crítico;

- ✓ DECxpc e FECxpc – DEC ou FEC devido a interrupção de origem externa ao sistema de distribuição, programada, ocorrida em dia crítico;
- ✓ DECxnc e FECxnc – DEC ou FEC devido a interrupção de origem externa ao sistema de distribuição, não programada, ocorrida em dia crítico. (PRODIST, 2021).

A interrupção de longa duração nos indicadores apresentados anteriormente, pode ser visualizada na Figura 1. Os indicadores de cor cinza não compõem os indicadores DEC e FEC.

Figura 1 - Indicadores

	X		I
P	XP	XPC	IP
NP	XN	XNC	IND INO INE

Fonte: PRODIST 2021

Ainda segundo o PRODIST, as informações sobre as interrupções devem estar disponíveis em até dois meses após o período de apuração. As distribuidoras devem ter procedimentos específicos para atuação em contingência e para apuração do DMIC não devem ser considerados os desligamentos programados. É considerado ainda que há interrupção sempre que a tensão de fornecimento for igual ou inferior a 70% da tensão nominal (PRODIST, 2021).

2.1.5 Metodologia vigente para definição dos limites

Por meio de definição de limites para os seus indicadores de continuidade estabelecidos a partir de conjuntos de consumidores, a ANEEL controla e avalia o desempenho das concessionárias. Os conjuntos são caracterizados da seguinte forma:

- ✓ O conjunto de unidades consumidoras é definido por Subestação de Distribuição;
- ✓ A abrangência do conjunto deve ser as redes MT à jusante da SED e de propriedade da distribuidora;

- ✓ As subestações com números de unidades consumidoras igual ou inferior a 1.000 devem ser agregadas, formando um único conjunto;
- ✓ As subestações com número de unidades consumidoras superior a 1.000 e igual ou inferior a 10.000 podem ser agregadas a outras, formando um único conjunto;
- ✓ A agregação de subestações deve obedecer ao critério de contiguidade das áreas;
- ✓ É vedada a agregação de duas ou mais subestações cujos números de unidades consumidoras sejam superiores a 10.000;
- ✓ Mediante aprovação da ANEEL, poderão formar diferentes conjuntos subestações que atendam a áreas não contíguas, ou que atendam a subestações MT/MT cujas características de atendimento sejam muito distintas da subestação supridora, desde que nenhum dos conjuntos resultantes possua número de unidades consumidoras igual ou inferior a 1.000;
- ✓ Poderão ser divididas, mediante aprovação da ANEEL, subestações com redes subterrâneas e aéreas, devendo os conjuntos resultantes possuir número de unidades consumidoras superior a 1.000;
- ✓ Para as redes MT das distribuidoras que não possuam subestação com primário em AT, o conjunto deve ser composto pelas redes em MT de sua propriedade até o ponto de conexão com o agente supridor;
- ✓ Todas as unidades consumidoras atendidas em BT e MT deverão estar classificadas no mesmo conjunto de unidades consumidoras da subestação que as atendam, quando da aprovação de conjuntos por meio de resolução específica;
- ✓ As unidades consumidoras ligadas após a aprovação dos conjuntos de unidades consumidoras deverão ser classificadas de acordo com a área geográfica de abrangência dos conjuntos vigentes;
- ✓ A ANEEL, a qualquer momento, poderá solicitar à distribuidora a revisão da configuração dos conjuntos de unidades consumidoras;
- ✓ Havendo alteração permanente na configuração do sistema que acarrete mudança nos conjuntos, a distribuidora deverá propor revisão da configuração dos conjuntos de unidades consumidoras;
- ✓ Casos particulares em que a aplicação da regra crie conjuntos desuniformes serão avaliados pela ANEEL;
- ✓ Os conjuntos serão caracterizados por atributos, os quais serão extraídos da Base de Dados Geográficos da distribuidora, BDGD, enviadas anualmente pelas distribuidoras e de outras bases de dados disponíveis na ANEEL (PRODIST, 2021).

Segundo o PRODIST (2021), “para o estabelecimento dos limites dos indicadores de continuidade, as distribuidoras devem enviar à ANEEL sua Base de Dados Geográficos da

distribuidora (BDGD), conforme estabelecido, das quais serão extraídos os atributos físico-elétricos de seus conjuntos de unidades consumidoras”.

Conforme descrito no documento do PRODIST, os limites de continuidade devem obedecer aos seguintes procedimentos:

- ✓ Realizar seleção dos conjuntos com atributos relevantes para a análise;
- ✓ Realizar análise comparativa, utilizando os atributos já pré-determinados;
- ✓ Realizar os cálculos dos limites de DEC e FEC de acordo com o desempenho dos conjuntos;

Há ainda a sinalização de que os limites dos indicadores anuais serão disponibilizados por meio de audiência pública. Sendo que um conjunto quando subdivido ou reagrupado, deverá ter o limite definido utilizando a visão histórica dos conjuntos (PRODIST, 2021).

No caso de violação dos limites dos indicadores, a concessionária continua sendo penalizada por meio do pagamento de compensação financeira aos consumidores, que servirá como crédito na fatura de energia elétrica do consumidor no mês subsequente à apuração.

2.2 Definição dos indicadores por conjuntos

A caracterização dos conjuntos e escolha das metas dos indicadores de qualidade de fornecimento de energia são realizadas através de uma série de cruzamentos de informações referentes não só da distribuidora que está sendo estudada, mas também das outras distribuidoras reguladas pela ANEEL.

São realizadas consultas públicas e publicadas notas técnicas que definirão os indicadores de qualidade para os próximos “*n*” anos até a revisão tarifária subsequente, onde “*n*” é definido como o número de anos em que a distribuidora terá sua concessão avaliada pelo órgão regulamentador.

A seguir serão explicitados os principais pontos para definição das metas para os indicadores de qualidade do fornecimento de energia elétrica, de um conjunto modelo.

Assumindo a premissa de que conjuntos semelhantes devem apresentar desempenhos equivalentes, para cada conjunto é definido um agrupamento de conjuntos semelhantes a este. Desta forma, dentro de cada agrupamento formado (*cluster*), será identificado o conjunto de

melhor desempenho, tomando-o como referência. Uma vez definidos os limites para os indicadores coletivos, a distribuidora deverá trabalhar para a melhoria da média da continuidade do fornecimento em cada conjunto (BERNARDO, 2013).

Para se chegar aos conjuntos com características semelhantes, foram cumpridas uma série de etapas, começando com a definição dos conjuntos dos consumidores.

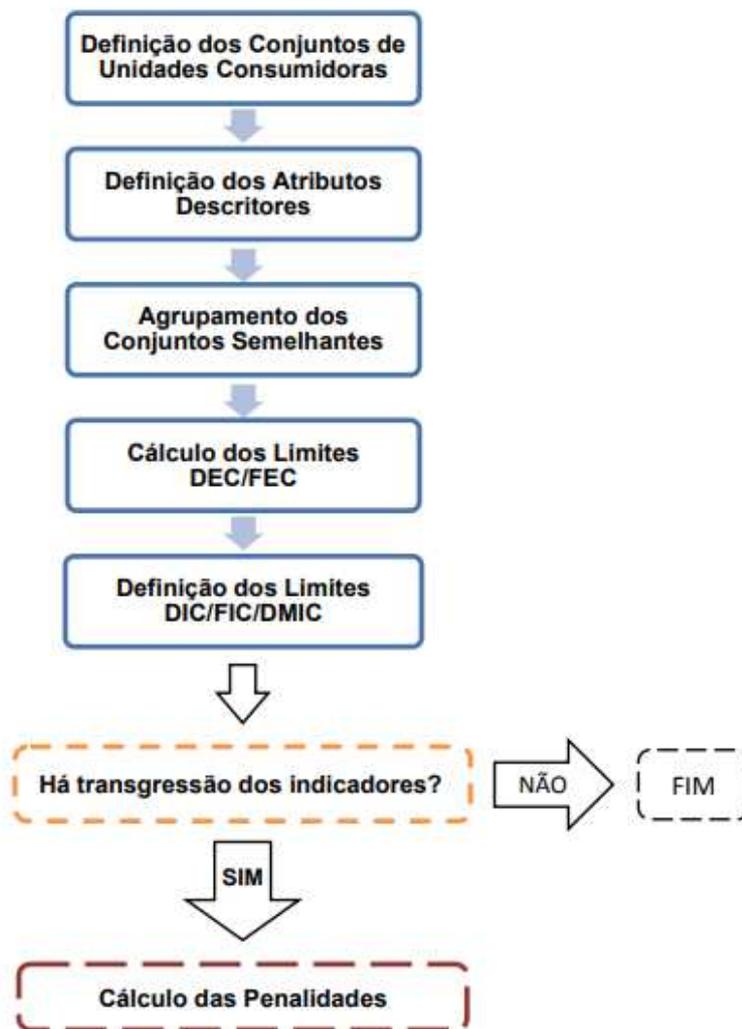
Nessa primeira etapa, são estabelecidos critérios para haver homogeneidade entre os conjuntos, para se melhorar a análise comparativa de desempenho. Dessa forma, há a definição de conjuntos por subestações, ou seja, pela natureza elétrica e não mais somente pela natureza geográfica, passando a serem denominados “conjuntos elétricos”. As características das subestações como tamanho, atendimento, quantidade de clientes serão levadas em consideração para a análise. (SOUZA,2019; BERNARDO, 2013).

A segunda etapa consiste na definição dos atributos descritores dos conjuntos consumidores, onde são avaliadas as características das redes de distribuição e de seu mercado consumidor, tendo sido sugeridas 6 características conforme Consulta Pública nº 0048/2010, sendo 4 quantitativas e 2 qualitativas. As características referentes ao tipo de rede, bem como, quilometragem, quantidade de clientes e potência, já foram descritas no capítulo anterior (BERNARDO, 2013).

Na etapa de avaliação da semelhança entre conjuntos, o objetivo é determinar os conjuntos mais semelhantes à cada conjunto de unidades consumidoras do país. Para cada conjunto é criado um agrupamento de conjuntos que possuem características mais próximas ao de referência. Para uma aplicação de qualquer método de agrupamento, é preciso estabelecer a medida de similaridade a ser adotada. A similaridade entre elementos é determinada por meio de medidas de distância. Estas medidas se baseiam na proximidade existente entre os atributos de um elemento a outro (SOUZA,2019; BERNARDO, 2013).

Conforme estabelecido durante a Audiência Pública 0046/2010 ANEEL, a heterogeneidade almejada é de 20%, porém restringe-se ao número mínimo e máximo de conjuntos comparáveis, conforme os valores abaixo, com mínimo de conjuntos comparáveis (50) e máximo de conjuntos comparáveis (100). Uma sintetização do processo pode ser verificada na Figura 2.

Figura 2 - Síntese do Processo



Fonte: (BERNARDO, 2013)

Utilizando como modelo a nota técnica 0168/2016 (DAVI VIDAL, 2016), de maneira simplificada, a primeira etapa no processo de revisão e definição de indicador é selecionar os atributos que serão utilizados como métrica, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Atributos selecionados para a metodologia comparativa para DEC e FEC

DEC		FEC	
Sigla	Atributo descritor	Sigla	Atributo descritor
*PC_NUC_ AD	PERCENTUAL DE NUC EM ÁREAS DE ALTA DENSIDADE (%)	PC_VRAM	PERCENTUAL DE ÁREA COM VEGETAÇÃO REMANESCENTE ALTA OU MÉDIA (%)

PC_VRAM	PERCENTUAL DE ÁREA COM VEGETAÇÃO REMANESCENTE ALTA OU MÉDIA (%)	PLUV	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MÉDIA ANUAL (mm)
PC_ERMT_3 F	PERCENTUAL DE REDES MT TRIFÁSICAS (%)	PC_NUC_A D*	PERCENTUAL DE NUC EM ÁREAS DE ALTA DENSIDADE (%)
PLUV	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MÉDIA ANUAL (mm)	NUC_COM	NUC DA CLASSE COMERCIA
CM_NUC_R ES	CONSUMO MÉDIO POR UC DA CLASSE RESIDENCIAL (MWh)	CM_NUM_R ES	CONSUMO MÉDIO POR UC DA CLASSE RESIDENCIAL (MWh)
NUC_IND	CONSUMO MÉDIO POR UC DA CLASSE RESIDENCIAL (MWh)	PC_ERMT_3 F	PERCENTUAL DE REDES MT TRIFÁSICAS (%)
<p>* Para a definição de área de alta densidade, são construídas quadrículas com 1 km² 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/km², consideradas as unidades consumidoras de MT e BT.</p>			

Fonte: (DAVI VIDAL, 2016)

Essa seleção é feita através da extração de 146 atributos de 43 distribuidoras, da BDGD, onde inicialmente são separados 69 atributos com correlações e, através de um modelo de regressão, definidos os 6 atributos utilizados para o DEC e os 6 para o FEC, conforme pode ser visto na Tabela 3. Posteriormente, é aplicado um método dinâmico para verificar os conjuntos com atributos próximos, separando a rede aérea da subterrânea. Depois os conjuntos são ordenados para verificar quais são os mais próximos, uns dos outros, respeitando o limite de homogeneidade entre eles. 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 recalculada. Entretanto, considera-se 50 conjuntos como mínimo de conjuntos comparáveis (DAVI VIDAL, 2016).

Definidos os conjuntos semelhantes ao conjunto em análise, parte-se para a definição dos limites. Para conjuntos interligados aéreos, define-se o percentil 20 do agrupamento como limite objetivo. Para conjuntos aéreos isolados, adota-se o percentil 50. No caso dos conjuntos subterrâneos, que são comparados apenas entre si, também se adota o percentil 50 como limite objetivo. O percentil é obtido ordenando-se os conjuntos de acordo com a média dos desempenhos observados (valores apurados de DEC ou FEC dos conjuntos) para os três últimos anos civis disponíveis. Assim, no caso de um agrupamento com 100 conjuntos, o percentil 20 será o valor do indicador obtido pelo 20º colocado (partindo-se do melhor para o pior desempenho) entre os conjuntos. O limite objetivo, determinado pelo desempenho do

percentil, pode resultar em um número decimal. Nesse caso, o valor é arredondado para cima, resultando no inteiro imediatamente superior (DAVI VIDAL, 2016).

2.3 Revisão tarifária

Conforme descrito pela ANEEL (2017) a tarifa “visa assegurar aos prestadores dos serviços receita suficiente para cobrir custos operacionais eficientes e remunerar investimentos necessários para expandir a capacidade e garantir o atendimento com qualidade”.

Os Procedimentos de Regulação Tarifária (PRORET) têm caráter normativo e consolidam a regulamentação acerca dos processos tarifários. A estrutura do PRORET foi aprovada em 24 de maio de 2011, pela Resolução Normativa nº 435/2011, tendo sido organizado em 12 módulos, que por sua vez estão subdivididos em submódulos (ANEEL, 2017).

A revisão tarifária pode ser descrita de duas maneiras: anual ou periódica (período pré-determinado em contrato de concessão com as distribuidoras). A receita requerida pelas concessionárias que irá compor a revisão, pode ser vista através do somatório de duas parcelas, *A* e *B*, conforme Equação 7.

$$\text{Receita requerida} = \text{VPA} + \text{VPB} \quad (7)$$

Sendo:

VPA = Valor da parcela A;

VPB = Valor da parcela B.

A parcela “A” representa os custos não gerenciáveis pela concessionária, tais como o custo com a compra de energia proveniente das geradoras, custos de conexão com sistema de transmissão, além dos encargos e tributos. Estes custos são repassados diretamente para as tarifas. Dessa forma, pode-se calcular a parcela “A” seguindo a seguinte dedução da Equação 8, (TCU, 2014).

$$\text{VPA} = \text{CE} + \text{CT} + \text{ES} \quad (8)$$

Sendo:

CE = Compra de energia;

CT = Custos com transporte de energia;

ES = Encargos setoriais.

Já a parcela “*B*”, diz respeito aos custos totalmente gerenciáveis pela concessionária e ao contrário do que acontece com os custos não gerenciáveis, a ANEEL não permite repasse automático dos custos operacionais para as tarifas, somente são repassados para as tarifas os custos considerados pelo Regulador como eficientes. Um eventual repasse automático dos custos operacionais para a tarifa constituiria um desincentivo à eficiência, já que a concessionária tem capacidade de administrar sua operação de forma a otimizar o uso de recursos. Dessa forma, caso os custos fossem reconhecidos na tarifa e resultassem em aumento da receita e, conseqüentemente, da remuneração da distribuidora, seus administradores não teriam incentivo em promover a eficiência nos custos de quaisquer despesas (RAMOS, BRANDÃO e CASTRO, 2012). A Parcela *B* é composta dos Custos Operacionais (CO), Quota de Reintegração Regulatória (QRR) e Remuneração do Capital (RC). Através de uma boa gestão da Parcela *B* é que a distribuidora afere e maximiza o lucro de sua atividade. A parcela *B* é definida pela Equação 9.

$$\text{VPB} = \text{CO} + \text{QRR} + \text{RC} \quad (9)$$

Os custos operacionais são descritos como, os custos de administração, serviços, mão de obra e outros, necessários para o bom funcionamento do sistema. Esses gastos são fixados pela ANEEL que, através de *benchmarking*, que consiste em uma análise estratégica das melhores práticas usadas por empresas do mesmo ramo, irá considerar um valor de custos operacionais para as distribuidoras, buscando assim obter os níveis eficientes dos custos com operação, para tornar o setor elétrico mais produtivo. Nesse índice também estão inclusos os valores de receitas irrecuperáveis, que nada mais são do que os valores das inadimplências no pagamento das faturas de energia (SOUZA, 2019).

Conforme descrito pela ANEEL (2007), “Uma vez definido o valor eficiente dos custos relacionados à atividade de distribuição, os mesmos serão apenas reajustados (IGP-M menos Fator X) até a revisão tarifária seguinte, não sendo reavaliados a cada ano”.

O fator X é um índice fixado pela ANEEL, onde seu objetivo é repassar aos consumidores os ganhos de produtividade estimados, decorrentes ou do crescimento do mercado ou do aumento do consumo dos clientes. Na maioria das vezes ele funciona como um redutor na tarifa de energia, sendo que ele é composto pelos ganhos da produtividade (PD), pela qualidade dos serviços prestados (Q) e pelo o período definido (T) (ANEEL, 2017).

2.4 Manutenção

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, por intermédio da norma TB-116 em 1975, definiu o termo manutenção como sendo “o conjunto de todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição desejada”. Já em 1994, a NBR-5462 trazia uma revisão do termo, dizendo que seria a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa operar a função requerida (ABNT, 1994).

Segundo Filho (2012), “A execução, de modo sistemático, de um adequado programa de manutenção das instalações elétricas está inserida no contexto da filosofia de conservação de energia elétrica, visto que sua ausência implica aumento de perdas térmicas, custos adicionais imprevistos em virtude da incidência de defeitos nas instalações, maior consumo, maior probabilidade de ocorrência de incêndios. Portanto, é preciso ter uma boa gestão e atuação da manutenção nos sistemas elétricos”.

Para os objetivos a serem alcançados neste estudo, serão abordados dois tipos de manutenção, sendo elas: Manutenção corretiva e Manutenção preventiva.

2.4.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva pode ser descrita, de acordo com SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON (2002), como: “significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem. O trabalho de manutenção é realizado somente após a quebra do equipamento ter ocorrido [...]”.

Seguindo essa linha de raciocínio, a manutenção corretiva seria separada em duas categorias:

Manutenção corretiva não planejada: a correção da falha ou do desempenho abaixo do esperado é realizada sempre após a ocorrência do fato, sem acompanhamento ou planejamento anterior.

Manutenção corretiva planejada: é realizada de forma planejada e ordenada. Pode ocorrer por decisão gerencial de operar até a falha ou em função de um acompanhamento preditivo (OTANI E MACHADO, 2008).

2.4.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva utiliza uma abordagem diferente da anterior, uma vez que não se espera pela avaria, procurando assim evitá-la. De acordo com ALMEIDA (2020), “todos os programas de gerência de manutenção preventiva assumem que as máquinas degradarão com um quadro típico de sua classificação em particular”. Ou seja, a manutenção preventiva consiste em realizar ações para prever e evitar futuras falhas nos equipamentos, sendo amplamente indicada para todo processo em que há degradação do material ou por motivos relacionados ao tempo (vida útil) ou por mau uso (ALMEIDA, 2000).

2.5 Origem Econômica dos Investimentos - CAPEX E OPEX

Os Projetos CAPEX (*Capital Expenditure*) podem ser interpretados como Despesas de Capitais ou Investimentos em Bens de Capitais, representando os projetos que utilizam o capital com intuito de adquirir ou melhorar bens da empresa, estando sempre ligado a bens de ativo fixo. Estes projetos são sempre projetos de investimentos e podem ser relacionados com a melhoria e modernização ou adequação às normas e legislação (MEGLIORINI, 2012).

A sigla OPEX (*Operational Expenditure*), está relacionada às despesas e dispêndios operacionais e aos investimentos em manutenção de equipamentos. Segundo (PADOVEZE, 2004), “O orçamento operacional é o que contém a maior parte das peças orçamentárias, pois engloba todos os orçamentos específicos que atingem a estrutura hierárquica da empresa, englobando as áreas administrativas, comercial e de produção. O orçamento operacional equivale à demonstração de resultados da empresa e às informações que evidenciam o lucro operacional, ou seja, vendas, custos de produtos, despesas administrativas e comerciais”.

2.6 Linguagem de Programação Utilizada

A linguagem de programação *Python* foi desenvolvida por Guido Van Rossum, há quinze anos, com a ajuda de dois colegas, Jack Jansen e Sjoerd Mullender, como um passatempo (SONGINI, 2005).

A linguagem *Python* começou a se tornar preferida entre grupos seletos de desenvolvedores, tornando-se o núcleo de algumas das aplicações atuais. Tendo sintaxe simples, concisa, com ênfase na legibilidade do código fonte, redução do custo de manutenção do programa, enquanto sua vasta biblioteca de funções encoraja o reuso e a extensibilidade, tornando a linguagem mais produtiva”. Songini (2005), enfatiza que, “os usuários são atraídos pela rapidez com que alcançam resultados utilizando *Python*, bem como na rapidez com que os protótipos são construídos e como tais protótipos rapidamente podem ser convertidos em uma aplicação” (BORGES, 2014).

Possui uma vasta quantidade de bibliotecas prontas para uso. A linguagem é interpretada pela máquina virtual, o que torna o código portátil. É possível integrar a linguagem Python com outras linguagens, como C e Fortran. Hoje já é aceita nas indústrias por empresas de alta tecnologia, tais como Google, Yahoo e Microsoft (BORGES, 2014).

Há alguns trabalhos relacionados ao sistema de energia, que já utilizaram o python em sua metodologia e desenvolvimento; um exemplo seria o estudo realizado por Kühne (2020). Nesse estudo havia o foco em utilizar as técnicas de *Big Data Analytics* para reconhecer padrões relevantes em redes *Smart Grid*. O objetivo do estudo era desenvolver um modelo matemático e computacional para a detecção de ocorrências de subtensão, tendo sido o modelo, testado e validado com dados reais, alcançando resultados satisfatórios. Um outro exemplo de trabalho usando o *python* em seu desenvolvimento foi escrito por Andrade (2017), em que consistia na realização de simulações injetando gradualmente potência ativa

nas barras de um sistema elétrico, evidenciando quais seriam as melhores opções para conexão de um novo sistema de geração, levando em conta a redução das perdas, estabilidade na tensão e potência. Rocha e Formigueri (2019), desenvolveram através da utilização do *python* para desenvolver uma ferramenta que pudesse realizar a verificação de forma simples, em tempo real, dos sistemas auxiliares de uma subestação de energia elétrica, tendo obtido êxito em sua pesquisa.

A fim de agilizar o processo de análise para obter melhores e mais precisos resultados e realizar as comparações de maneira fácil e prática, foi escolhida a linguagem de programação *python* para desenvolvimento de ferramenta que facilitasse a execução e captura de dados necessários para o desenvolvimento dessa pesquisa, a linguagem reúne todas as características relevantes para suprir a necessidade do estudo.

2.7 Revisão bibliográfica

Há alguns trabalhos que foram desenvolvidos realizando algumas análises referentes aos valores de indicador de fornecimento das distribuidoras, as metas estipuladas pela ANEEL e o valor econômico investido. Goulart (2002), apresentou uma análise de desempenho relativa às distribuidoras de energia no Brasil e o processo de reestruturação. Em sua pesquisa foram apresentados os critérios de eficiência técnica, eficiência alocativa e eficiência econômica, sendo que através da amostra utilizada, foi verificado que o processo de reestruturação influenciou de forma positiva a gestão dos recursos das distribuidoras. Pinheiro (2012), realizou uma pesquisa referente à regulação por incentivo à qualidade, buscando comparar a eficiência entre as distribuidoras no Brasil. Através de ferramenta computacional foram simuladas algumas informações comparativas e desenvolvidos alguns modelos de eficiência. Em sua pesquisa, uma das conclusões foi de que valores obtidos de escores de eficiências quando considerados os gastos totais foram maiores do que quando considerados apenas os gastos operacionais. No estudo de Falcão (2019), foi realizada uma análise microeconômica dos custos operacionais do setor elétrico, tendo sido verificado que, ao se analisar isoladamente cada empresa da pesquisa, foi possível identificar decisões empresariais distintas e características da área de decisão fazem com que o comportamento do seu custo médio seja semelhante ou diferente daquele que foi verificado quando se analisa o setor, o que sugere que as políticas regulatórias pode ser aprimoradas para que as empresas apresentem o mesmo desempenho. Barbosa (2018), buscou um método de avaliação da

qualidade, focando nos aspectos técnicos e comerciais. Seu objetivo foi, através de um único índice global baseado em um método de Apoio à Decisão Multicritério, os resultados demonstraram relevância para os reguladores e para a sociedade, pois proporcionou uma visão mais ampla da qualidade do serviço do que seria possível, considerando os indicadores separadamente. O estudo de Jannuzzi (2007), buscou verificar a regulação da qualidade de energia elétrica sob o foco do consumidor, apresentando uma proposta de nova resolução passível de ser apresentada a ANEEL, versando sobre a qualidade da energia elétrica fornecida às unidades consumidoras com foco no consumidor, considerando as reais necessidades técnicas para atendimento aos mesmos.

Capítulo 3 - Método e ferramenta de pesquisa

3.1 Objeto do Estudo

O foco principal do estudo apresentado é o de verificar as condições limites de fluxo de caixa, para se ter retorno financeiro dos investimentos em manutenção, direcionados a manter os indicadores de qualidade de serviço, de um determinado conjunto, dentro dos limites especificados pela agência reguladora. Portanto, as receitas provenientes dos investimentos em manutenção nos conjuntos devem ser suficientes para pagar pela qualidade requerida pela ANEEL, definida pelo processo de *benchmark* descrito no capítulo 2, caso contrário, a distribuidora pode calcular economicamente o índice limite e sugeri-lo à agência reguladora.

3.2 Procedimentos de Coleta de Dados

O presente estudo foi simulado para uma empresa de grande porte especializada em distribuição de energia elétrica, atuando na área de concessão de acordo com a Regulamentação ANEEL, realizando atividades do setor de distribuição de energia, tais como serviços emergenciais, expansões de rede, serviços comerciais, manutenções preventivas, entre outros. A empresa busca a melhoria constante dos indicadores de qualidade, estipulados pela ANEEL, para o período dos próximos 5 anos a partir da revisão tarifária, tanto para tentar alcançar as metas estipuladas, evitando possíveis multas ou perda de concessão, quanto para atender o cliente com maior qualidade e agilidade. Desta maneira busca-se realizar uma análise dos dados de cinco conjuntos elétricos da distribuidora de energia, verificando dados referentes ao DEC, FEC, investimentos realizados, podas realizadas, quilometragem de rede, atendimentos operacionais e quantidade de clientes. Os conjuntos elétricos foram denominados: Conjunto 1, Conjunto 2, Conjunto 3, Conjunto 4 e Conjunto 5. As características de cada conjunto estão listadas na Tabela 12.

Para a pesquisa, não foram considerados dados referentes as condições meteorológicas, pois a coleta de dados não impactaria na segregação dos conjuntos, por estarem próximos uns dos outros, logo, as condições afetariam a ambos.

3.3 Procedimentos de Análise de Dados

Após levantamentos dos dados e períodos seriam utilizados no estudo, foi realizada a pesquisa dos indicadores que serão descritos nos tópicos seguintes.

3.3.1 DEC

Os valores de DEC foram obtidos, realizando pesquisas para busca-los entre o período de 2016 e 2020, separando cinco conjuntos elétricos com características diferentes tanto no âmbito de densidade de rede, quanto no quantitativo de clientes atendidos. Os valores obtidos são os que podemos verificar na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores de DEC por Conjunto

CONJUNTO	ANO	VALOR	LIMITE ANEEL
CONJUNTO 1	2016	11,71	9
CONJUNTO 1	2017	6,17	8
CONJUNTO 1	2018	5,93	8
CONJUNTO 1	2019	5,09	7
CONJUNTO 1	2020	4,37	7
CONJUNTO 2	2016	8,17	6
CONJUNTO 2	2017	8,82	6
CONJUNTO 2	2018	7,77	6
CONJUNTO 2	2019	4,76	6
CONJUNTO 2	2020	3,65	6
CONJUNTO 3	2016	11,11	7
CONJUNTO 3	2017	9,37	7
CONJUNTO 3	2018	8,52	7
CONJUNTO 3	2019	7,7	7
CONJUNTO 3	2020	7,64	7
CONJUNTO 4	2016	14,08	11
CONJUNTO 4	2017	10,66	11
CONJUNTO 4	2018	9,84	11
CONJUNTO 4	2019	10,86	11
CONJUNTO 4	2020	13,19	11
CONJUNTO 5	2016	2,24	1
CONJUNTO 5	2017	2,11	1

CONJUNTO 5	2018	1,9	1
CONJUNTO 5	2019	1,82	1
CONJUNTO 5	2020	0,51	1

Fonte: o autor

3.3.2 FEC

Os valores de FEC verificados, assim como os de DEC, foram analisados tomando como base o período de 5 anos, conforme pode ser verificado na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores de FEC por Conjunto

CONJUNTO	ANO	VALOR	META ANEEL
CONJUNTO 1	2016	10,21	6
CONJUNTO 1	2017	4,52	6
CONJUNTO 1	2018	3,64	6
CONJUNTO 1	2019	3,99	5
CONJUNTO 1	2020	3,74	5
CONJUNTO 2	2016	5,13	5
CONJUNTO 2	2017	6,06	5
CONJUNTO 2	2018	5,59	5
CONJUNTO 2	2019	4,27	5
CONJUNTO 2	2020	2,45	4
CONJUNTO 3	2016	6,04	4
CONJUNTO 3	2017	3,76	4
CONJUNTO 3	2018	5,2	4
CONJUNTO 3	2019	4,31	4
CONJUNTO 3	2020	4,93	4
CONJUNTO 4	2016	11,01	8
CONJUNTO 4	2017	8,13	8
CONJUNTO 4	2018	7,69	8
CONJUNTO 4	2019	7,92	8
CONJUNTO 4	2020	12,82	8
CONJUNTO 5	2016	1,72	1
CONJUNTO 5	2017	1,5	1
CONJUNTO 5	2018	1,54	1
CONJUNTO 5	2019	1,29	1

CONJUNTO 5	2020	0,51	1
------------	------	------	---

Fonte: o autor

3.3.3 Investimentos

Em relação aos investimentos, foram considerados: o tipo de investimento, qual a finalidade e onde foi investido. Os dois tipos de valores gastos pela distribuidora para manutenção da rede são: OPEX e CAPEX.

Foi verificada a necessidade de atualização dos valores dos investimentos para valor presente, dessa forma, foram realizados testes para verificar se haveria grande modificação dos valores limites; resultado esse que não ocorreu, devido aos valores que estão sendo comparados serem referentes aos de um ano com o seu posterior. Não houve grande margem de variação, por isso optou-se por manter os valores reais obtidos para a pesquisa.

✓ CAPEX

Os investimentos em CAPEX aqui estudados, foram divididos por ano, sendo que para o estudo, foram considerados os valores de investimentos específicos para a manutenção da rede, tais como, recondução de rede, instalação de poste, criação de novo circuito elétrico, instalação de novos equipamentos (Religadores, Seccionadores, Chaves de Manobras e Transformadores) e todos os tipos de reparos preventivos na Rede de Distribuição. Os valores, por conjuntos, estão descritos na Tabela 6. Dessa forma, pode-se avaliar onde exatamente o valor foi aplicado na rede de distribuição.

Tabela 6 - CAPEX investido

CONJUNTO	ANO	VALOR
CONJUNTO 1	2016	R\$ 469.992,86
CONJUNTO 1	2017	R\$ 478.128,84
CONJUNTO 1	2018	R\$ 860.232,31
CONJUNTO 1	2019	R\$ 1.171.747,98
CONJUNTO 1	2020	R\$ 695.797,53
CONJUNTO 2	2016	R\$ 262.472,02
CONJUNTO 2	2017	R\$ 474.006,89
CONJUNTO 2	2018	R\$ 1.101.425,88

CONJUNTO 2	2019	R\$ 1.563.903,95
CONJUNTO 2	2020	R\$ 1.041.619,82
CONJUNTO 3	2016	R\$ 427.438,65
CONJUNTO 3	2017	R\$ 958.425,56
CONJUNTO 3	2018	R\$ 1.229.544,81
CONJUNTO 3	2019	R\$ 1.750.635,52
CONJUNTO 3	2020	R\$ 1.478.474,22
CONJUNTO 4	2016	R\$ 527.597,81
CONJUNTO 4	2017	R\$ 914.378,32
CONJUNTO 4	2018	R\$ 792.223,47
CONJUNTO 4	2019	R\$ 1.171.960,39
CONJUNTO 4	2020	R\$ 2.240.500,88
CONJUNTO 5	2016	R\$ 3.817.023,56
CONJUNTO 5	2017	R\$ 6.418.602,86
CONJUNTO 5	2018	R\$ 5.249.301,77
CONJUNTO 5	2019	R\$ 4.797.512,85
CONJUNTO 5	2020	R\$ 1.458.599,65

Fonte: o autor.

✓ OPEX

Para os valores de OPEX, foram utilizados somente os valores necessários para manutenção corretiva, não houve a inclusão dos valores utilizados para atendimentos operacionais de emergência, já que esses serviços são para ações corretivas de pequeno porte e com atuação rápida. Tanto o custo em OPEX, para serviços de maior porte, quanto os serviços de atendimentos emergenciais, não serão contabilizados em sua totalidade para a revisão tarifária. Os serviços aqui contabilizados são os serviços do tipo: aprumo de poste, substituição de cruzeta, substituição de chave fusível, substituição da bucha do transformador, substituição de *lead* do transformador, substituição de isolador quebrado, entre outros serviços para conservação da rede. Na Tabela 7 estão sinalizados os conjuntos e seus respectivos valores de OPEX.

Tabela 7 - OPEX utilizado

CONJUNTO	ANO	VALOR
CONJUNTO 1	2016	R\$ 260.877,84
CONJUNTO 1	2017	R\$ 318.551,94
CONJUNTO 1	2018	R\$ 269.968,75

CONJUNTO 1	2019	R\$	221.785,06
CONJUNTO 1	2020	R\$	33.584,46
CONJUNTO 2	2016	R\$	71.018,54
CONJUNTO 2	2017	R\$	9.702,11
CONJUNTO 2	2018	R\$	51.467,90
CONJUNTO 2	2019	R\$	16.298,13
CONJUNTO 2	2020	R\$	27.135,08
CONJUNTO 3	2016	R\$	246.368,15
CONJUNTO 3	2017	R\$	217.982,33
CONJUNTO 3	2018	R\$	286.022,54
CONJUNTO 3	2019	R\$	462.654,59
CONJUNTO 3	2020	R\$	78.904,99
CONJUNTO 4	2016	R\$	269.540,86
CONJUNTO 4	2017	R\$	269.212,72
CONJUNTO 4	2018	R\$	263.919,25
CONJUNTO 4	2019	R\$	177.665,12
CONJUNTO 4	2020	R\$	50.901,87
CONJUNTO 5	2016	R\$	19.808,98
CONJUNTO 5	2017	R\$	23.719,74
CONJUNTO 5	2018	R\$	46.787,44
CONJUNTO 5	2019	R\$	27.295,95
CONJUNTO 5	2020	R\$	7.211,37

Fonte: o autor

3.3.4 Atendimentos de Emergência

A fim de verificar quantos atendimentos impactaram nos indicadores de qualidade, no período supracitado, por tipos de atendimentos da distribuidora, foram separados os serviços que possivelmente teriam sido evitados com ações de manutenção preventivas. Para essa análise, são considerados os atendimentos emergenciais do tipo, reparação de trechos de BT com fio partido, realização de reparo no *lead* do transformador, substituição de taco partido, substituição do elo da chave fusível, realização de “*jump*” no medidor, realização de “*jump*” em chaves de manobras quebradas, execução de manobras em circuitos, entre outros serviços de porte menor. Na Tabela 8 estão contabilizados os serviços, separados por conjunto e ano.

Tabela 8 - Atendimentos de emergências

CONJUNTO	ANO	QUANTIDADE
CONJUNTO 1	2016	839
CONJUNTO 1	2017	772
CONJUNTO 1	2018	750
CONJUNTO 1	2019	817
CONJUNTO 1	2020	798
CONJUNTO 2	2016	749
CONJUNTO 2	2017	696
CONJUNTO 2	2018	584
CONJUNTO 2	2019	817
CONJUNTO 2	2020	659
CONJUNTO 3	2016	1093
CONJUNTO 3	2017	1047
CONJUNTO 3	2018	908
CONJUNTO 3	2019	1153
CONJUNTO 3	2020	920
CONJUNTO 4	2016	1606
CONJUNTO 4	2017	1370
CONJUNTO 4	2018	1457
CONJUNTO 4	2019	1521
CONJUNTO 4	2020	1467
CONJUNTO 5	2016	121
CONJUNTO 5	2017	107
CONJUNTO 5	2018	110
CONJUNTO 5	2019	111
CONJUNTO 5	2020	90

Fonte: o autor

3.3.5 Podas em árvores

A realização de podas pelas distribuidoras de energia, em trechos de redes aéreas, é um importante aliado para a redução do indicador de qualidade. Durante o serviço são realizadas manutenções na rede de distribuição, evitando que galhos toquem a rede, podendo gerar ocorrências de interrupção transitória ou permanente e até mesmo possíveis acidentes, em casos de chuvas com fortes ventos. Devido a existência de áreas extremamente arborizadas e políticas ambientais que regem e normatizam a poda em árvores próximas à rede elétricas, as distribuidoras aproveitam a ida ao local para realizar outros serviços de

manutenção, tais como, cortes, aceiros e limpezas em torno da rede. Esses procedimentos visam evitar a geração de ocorrências de emergência por causa de galhos tocando a rede, reduzindo um impacto no seu indicador e o descontentamento dos clientes, que poderão ficar sem energia. Para o estudo em questão, foram verificadas quantas podas foram realizadas no período estudado conforme Tabela 9, realizando a separação entre os conjuntos.

Tabela 9 - Podas

CONJUNTO	ANO	QUANTIDADE
CONJUNTO 1	2016	683
CONJUNTO 1	2017	1853
CONJUNTO 1	2018	1410
CONJUNTO 1	2019	607
CONJUNTO 1	2020	774
CONJUNTO 2	2016	1004
CONJUNTO 2	2017	1325
CONJUNTO 2	2018	1606
CONJUNTO 2	2019	643
CONJUNTO 2	2020	1032
CONJUNTO 3	2016	359
CONJUNTO 3	2017	1162
CONJUNTO 3	2018	1007
CONJUNTO 3	2019	550
CONJUNTO 3	2020	497
CONJUNTO 4	2016	214
CONJUNTO 4	2017	1826
CONJUNTO 4	2018	801
CONJUNTO 4	2019	1599
CONJUNTO 4	2020	3223
CONJUNTO 5	2016	0
CONJUNTO 5	2017	0
CONJUNTO 5	2018	0
CONJUNTO 5	2019	0
CONJUNTO 5	2020	0

Fonte: o autor

3.3.6 Faturamento dos Conjuntos

Outro valor verificado, foi referente ao faturamento dos conjuntos, com o objetivo de calcular qual valor de energia não faturada seria perdido em caso de falta de energia na distribuidora. Os valores de faturamentos brutos seguem na Tabela 10.

Tabela 10 - Faturamento Bruto dos Conjuntos

CONJUNTO	ANO	VALOR
CONJUNTO 1	2016	R\$ 60.047.470,54
CONJUNTO 1	2017	R\$ 40.838.064,21
CONJUNTO 1	2018	R\$ 44.370.598,82
CONJUNTO 1	2019	R\$ 32.658.486,50
CONJUNTO 1	2020	R\$ 46.595.923,98
CONJUNTO 2	2016	R\$ 127.021.095,31
CONJUNTO 2	2017	R\$ 82.188.155,45
CONJUNTO 2	2018	R\$ 90.567.035,06
CONJUNTO 2	2019	R\$ 71.593.374,95
CONJUNTO 2	2020	R\$ 89.025.616,76
CONJUNTO 3	2016	R\$ 74.766.244,36
CONJUNTO 3	2017	R\$ 69.321.771,73
CONJUNTO 3	2018	R\$ 48.980.143,70
CONJUNTO 3	2019	R\$ 49.402.215,30
CONJUNTO 3	2020	R\$ 54.600.788,34
CONJUNTO 4	2016	R\$ 2.872.178,35
CONJUNTO 4	2017	R\$ 2.237.957,66
CONJUNTO 4	2018	R\$ 2.833.638,99
CONJUNTO 4	2019	R\$ 1.290.421,78
CONJUNTO 4	2020	R\$ 2.964.173,09
CONJUNTO 5	2016	R\$ 14.779.300,17
CONJUNTO 5	2017	R\$ 25.195.590,96
CONJUNTO 5	2018	R\$ 24.021.568,57
CONJUNTO 5	2019	R\$ 19.413.212,73
CONJUNTO 5	2020	R\$ 25.524.570,53

Fonte: o autor

3.3.7 Compensação Financeira

Outros valores considerados para a pesquisa, foram os custos referentes a compensação financeira creditada ao cliente, quando há transgressões dos indicadores, que ocorrem quando os clientes fiquem sem energia elétrica, durante o período de início da falha até o restabelecimento da energia. Essas penalidades estão descritas na Tabela 11.

Tabela 11 - Compensação Financeira dos conjuntos

CONJUNTO	TIPO	ANO	VALOR
CONJUNTO 1	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2016	R\$ 116.566,97
CONJUNTO 1	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2017	R\$ 150.056,35
CONJUNTO 1	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2018	R\$ 169.610,40
CONJUNTO 1	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2019	R\$ 179.320,18
CONJUNTO 1	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2020	R\$ 121.469,50
CONJUNTO 2	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2016	R\$ 102.362,30
CONJUNTO 2	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2017	R\$ 290.706,88
CONJUNTO 2	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2018	R\$ 238.252,48
CONJUNTO 2	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2019	R\$ 254.011,04
CONJUNTO 2	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2020	R\$ 68.938,67
CONJUNTO 3	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2016	R\$ 455.780,91
CONJUNTO 3	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2017	R\$ 395.992,66
CONJUNTO 3	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2018	R\$ 499.052,81
CONJUNTO 3	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2019	R\$ 367.237,31
CONJUNTO 3	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2020	R\$ 223.405,63
CONJUNTO 4	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2016	R\$ 75.211,99
CONJUNTO 4	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2017	R\$ 66.557,61
CONJUNTO 4	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2018	R\$ 23.045,91
CONJUNTO 4	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2019	R\$ 45.568,95
CONJUNTO 4	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2020	R\$ 49.554,38
CONJUNTO 5	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2016	R\$ 240.414,26
CONJUNTO 5	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2017	R\$ 151.416,93
CONJUNTO 5	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2018	R\$ 347.536,91
CONJUNTO 5	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2019	R\$ 257.723,01
CONJUNTO 5	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	2020	R\$ 70.727,30

Fonte: o autor

3.3.8 Características dos Conjuntos

A fim de explicitar as características dos conjuntos elétricos estudados, foram separados dados como, quantidade de clientes, quilometragem de rede e quantidade de árvores já mapeadas na região. Todos os dados são mostrados na Tabela 12.

Tabela 12 - Caracterização dos conjuntos

Conjunto	Clientes	Quilometragem de rede	Quantidade de árvores	Faturamento médio por cliente
CONJUNTO 1	39567	184,98	2919	R\$ 1.134,84
CONJUNTO 2	28873	140,90	3102	R\$ 3.189,11
CONJUNTO 3	45891	241,89	1678	R\$ 1.294,68
CONJUNTO 4	16912	1052,1	6045	R\$ 144,26
CONJUNTO 5	20981	90,1	0	R\$ 1.038,41

Fonte: o autor

A parametrização para separar o tipo de faturamento foi:

- Faturamento Baixo < R\$1.000,00;
- Faturamento Médio > R\$ 1.000,00 e < R\$ 3.000,00;
- Faturamento Alto > R\$ 3.000,00.

3.3.9 Localidade

A caracterização dos conjuntos quanto a localização e área de atendimento, pode ser verificada na Tabela 13.

Tabela 13 – Área de atendimento

CONJUNTO	QUANTIDADE DE CLIENTES	ÁREA DE ATENDIMENTO	FATURAMENTO	SENSIBILIDADE MÍDIA	TIPO DE REDE	COMUNIDADE
CONJUNTO 1	ALTA	MÉDIA	MÉDIO	NÃO	AÉREA	NÃO
CONJUNTO 2	MÉDIA	MÉDIA	ALTO	SIM	AÉREA	NÃO
CONJUNTO 3	ALTA	GRANDE	MÉDIO	NÃO	AÉREA	SIM

CONJUNTO 4	BAIXA	GRANDE	BAIXO	NÃO	AÉREA	NÃO
CONJUNTO 5	MÉDIA	PEQUENA	MÉDIO	SIM	SUBTERRÂNEA	NÃO

Fonte: o autor

3.4 Método de Cálculo dos DEC e FEC Limites

Para a realização do estudo, após selecionados os parâmetros, conforme descrito no item 3.3, o primeiro passo foi realizar a conversão das quantidades de serviços de podas e serviços emergenciais, para os valores em reais, a fim de realizar os cálculos necessários ao estudo. Para o cálculo referente a poda foi usada a Equação 10.

$$V_{\text{poda}} = \text{Qtd}_{\text{poda}(t)} * V_{\text{poda}} \quad (10)$$

Onde t : Ano de análise.

Dessa forma, utilizando os dados do conjunto 1 como exemplo, para o cálculo do valor de poda no ano de 2016, sendo o valor do serviço adotado como R\$ 127,89, tem-se, os valores descritos na Equação 11.

$$V_{\text{poda}} = 683 * 127,89 \quad (11)$$

$$V_{\text{poda}} = \text{R\$ } 87.48,87$$

Para o cálculo referente ao valor do serviço de emergência, foi utilizada a Equação 12.

$$V_{\text{emerg}} = \text{Qtd}_{\text{emer}} * V_{\text{emer}} \quad (12)$$

Onde t : Ano de análise.

Dessa forma, utilizando os dados do conjunto 1 como exemplo, para o cálculo do valor de serviços de emergência no ano de 2016, sendo o valor do serviço adotado como R\$ 181,17, o resultado é descrito na Equação 13.

$$V_{\text{emerg}} = 839 * 181,17 \quad (13)$$

$$V_{\text{emerg}} = \text{R\$ } 152.001,63$$

Para encontrar o valor a ser utilizado referente a energia não faturada, foi realizada a Equação 14.

$$V_{\text{ENF}} = \frac{V_{\text{Fatbruto}}}{8760} * \text{DEC} (t) \quad (14)$$

Sendo que o valor de 8760 foi dado através da multiplicação entre a quantidade de dias do ano (365) e a quantidade de horas do dia (24h), e t é igual ao ano de análise. Utilizando os dados do conjunto 1 como exemplo, para o cálculo do valor de energia não faturada de 2016, obtém-se a Equação 15.

$$V_{\text{VENF}} = (60.047.470,54 / 8760) * 11,71 \quad (15)$$

$$V_{\text{VENF}} = \text{R\$ } 80.268,94$$

Após essas conversões realizadas e o cálculo repetido para os outros anos, obteve-se a Tabela 14 que expressa os valores já convertidos referentes a poda, serviços emergenciais e energia não faturada.

Tabela 14 – Conversões dos parâmetros

CONJUNTO	PARAMÊTRO	ANO	VALOR (R\$)	CONVERSÃO	VALORES(R\$)
CONJUNTO 1	FATURAMENTO BRUTO	2016	60.047.470,54	ENERGIA NÃO FATURADA	80.268,94
CONJUNTO 1	FATURAMENTO BRUTO	2017	40.838.064,21	ENERGIA NÃO FATURADA	28.763,80
CONJUNTO 1	FATURAMENTO BRUTO	2018	44.370.598,82	ENERGIA NÃO FATURADA	30.036,26
CONJUNTO 1	FATURAMENTO BRUTO	2019	32.658.486,50	ENERGIA NÃO FATURADA	18.976,22
CONJUNTO 1	FATURAMENTO BRUTO	2020	46.595.923,98	ENERGIA NÃO FATURADA	23.244,77
CONJUNTO 1	OCORRÊNCIAS	2016	839	ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS	152.001,63

CONJUNTO 1	OCORRÊNCIAS	2017	772	ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS	139.863,24
CONJUNTO 1	OCORRÊNCIAS	2018	750	ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS	135.877,50
CONJUNTO 1	OCORRÊNCIAS	2019	817	ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS	148.015,89
CONJUNTO 1	OCORRÊNCIAS	2020	798	ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS	144.573,66
CONJUNTO 1	PODAS	2016	683	SERVIÇOS DE PODAS	87.348,87
CONJUNTO 1	PODAS	2017	1853	SERVIÇOS DE PODAS	236.980,17
CONJUNTO 1	PODAS	2018	1410	SERVIÇOS DE PODAS	180.324,90
CONJUNTO 1	PODAS	2019	607	SERVIÇOS DE PODAS	77.629,23
CONJUNTO 1	PODAS	2020	774	SERVIÇOS DE PODAS	98.986,86

Fonte: o autor

Foram realizados os cálculos referentes aos valores dos deltas do parâmetro de um ano em relação ao outro, a fim de verificar se houve melhora ou piora no valor utilizado. Sendo assim, o delta ano pode ser representado pela Equação 16.

$$\Delta (y) = \text{Valor calc}(t) - \text{Valor calc}(t+1) \quad (16)$$

Onde t representa os anos da análise, e o Y representa qual tipo de valor estará sendo utilizado para o cálculo, exemplo: DEC, FEC, Poda, etc.

Utilizando os dados do conjunto 1 como exemplo, para o cálculo do valor de delta de energia não faturada entre os anos de 2016 e 2017, tem-se a Equação 17.

$$\Delta (\text{ENF}) = 80.268,94 - 28.763,80 \quad (17)$$

$$\Delta (\text{ENF}) = \text{R\$ } 51.505,14$$

Após conhecidos todos os deltas, obteve-se a Tabela 15, que descreve os valores dos respectivos deltas financeiros por parâmetro do conjunto 1.

Tabela 15 - Deltas dos parâmetros Financeiros (receitas)

CONJUNTOS	ANOS COMPARADOS	CAPEX (R\$)	OPEX (R\$)	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA(R\$)	PODAS (R\$)	ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS(R\$)	ENERGIA NÃO FATURADA(R\$)
-----------	-----------------	-------------	------------	-----------------------------	-------------	--------------------------------	---------------------------

CONJUNTO 1	2016/2017	-8.135,98	-57.674,10	-33.489,38	-149.631,30	12.138,39	51.505,14
CONJUNTO 1	2017/2018	-382.103,47	48.583,19	-19.554,05	56.655,27	3.985,74	-1.272,47
CONJUNTO 1	2018/2019	-311.515,67	48.183,69	-9.709,78	102.695,67	-12.138,39	11.060,04
CONJUNTO 1	2019/2020	475.950,45	188.200,60	57.850,68	-21.357,63	3.442,23	-4.268,55

Fonte: o autor

Realizados os cálculos referentes aos deltas comparativos de um ano com o seu posterior, tomando o ano de 2016 como início, é calculado o Delta total que representa o valor positivo ou negativo do investimento realizado. A equação do delta total pode ser verificada através da Equação 18.

$$\Delta(\text{total}) = \Delta\text{capex} + \Delta\text{opex} + \Delta\text{CF} + \Delta\text{poda} + \Delta\text{emerg} + \Delta\text{ENF} \quad (18)$$

Utilizando os dados do conjunto 1, calculando o valor de delta total entre os anos de 2016 e 2017, tem-se a Equação 19.

$$\Delta(\text{total}) = - 8.135,98 + (-57.674,10) + (-33.489,38) + (-149.631,30) + 12.138,39 + 51.505,14$$

$$\Delta(\text{total}) = - \text{R\$ } 185.287,24 \quad (19)$$

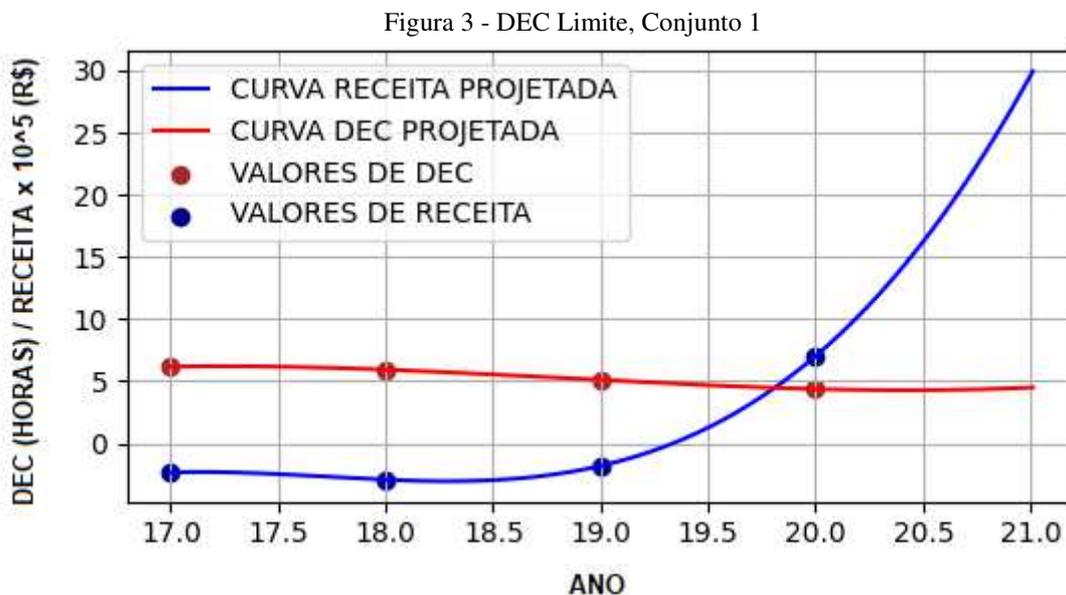
A Tabela 16 sintetiza todos os valores dos deltas totais do conjunto 1.

Tabela 16 – Deltas totais dos parâmetros Financeiros (receitas)

CONJUNTOS	ANOS COMPARADOS	DELTA (R\$)
CONJUNTO 1	2016/2017	-185.287,24
CONJUNTO 1	2017/2018	-293.705,79
CONJUNTO 1	2018/2019	-171.424,44
CONJUNTO 1	2019/2020	699.817,78

Fonte: o autor

Após calculado todos os valores dos deltas totais, é gerado um gráfico que pode ser verificado na Figura 3, utilizando a interpolação do valor de delta (receita) e indicador (DEC ou FEC), que podem ser vistos na Tabela 17, a fim de encontrar o valor da equação de delta receita que intercepta o eixo X (Receita zero).



Fonte: o autor

Tabela 17 – Dados para formação do gráfico

ANO	RECEITA	DEC
17	-1,85	6,17
18	-2,94	5,93
19	-1,71	5,09
20	6,99	4,37

Fonte: o autor

Encontrada a equação de receita x ano, o valor do ano de receita zero (19,33) é incluído na Equação 20 de DEC x Ano para determinação do DEC limite. O mesmo procedimento é feito para calcular o FEC limite.

$$\text{DEC Limite} = 0,12x^3 - 6,78x^2 + 126,8x - 779,2 \quad (20)$$

$$\text{DEC Limite} = 0,12(19,33)^3 - 6,78(19,33)^2 + 126,8(19,33) - 779,23$$

$$\text{DEC Limite} = 4,8$$

Dessa forma, o DEC limite encontrado para o conjunto 1 foi de 4,8. Através da metodologia vista anteriormente, o trabalho foi desenvolvido e poderá ser visto nos capítulos posteriores.

3.5 Desenvolvimento da ferramenta computacional

O desenvolvimento da ferramenta consistiu em algumas telas com interface simples para que o usuário consiga carregar as informações necessárias para sua pesquisa e análise comparativa. Após algumas opções definidas, o usuário terá os valores solicitados.

A tela de início é composta por uma tabela em branco que mostrará os dados a serem analisados pelo programa de forma resumida, conforme Figura 4.

Figura 4 - Tela de abertura



Fonte: do Autor

Para iniciar, o usuário deve clicar no botão de inserir dados, que habilitará uma tela denominada “formulário”, para que haja a inserção dos dados a serem analisados. Nessa etapa, o usuário deve inserir as informações relevantes para a pesquisa, tais como, nome do conjunto, ano dos dados, quantidade de ocorrências, faturamento, compensação financeira, valores referentes a DEC e FEC realizados no ano, as metas para tais indicadores, valores de CAPEX e OPEX e quantidades de podas realizadas. Nessa etapa deve-se ter atenção ao inserir os dados, pois informações erradas, irão gerar dados incoerentes.

Após a inserção dos dados, o usuário deve clicar em “salvar”, com isso, a tela automaticamente será fechada e os dados carregados na base. Caso o usuário queira sair dessa ação, ele deve clicar no botão “cancelar”. Na Figura 5 pode-se verificar a tela de formulário desenvolvida.

Figura 5 - Tela inserção de dados

The 'Formulario' window contains the following fields:

- NOME DO CONJUNTO: [] ANO: []
- OCORRÊNCIA: []
- QUANTIDADE: [] GASTO COM ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS: []
- FATURAMENTO: []
- VALOR FATURAMENTO BRUTO: [] VALOR ENERGIA NÃO FATURADA: []
- COMPENSAÇÃO FINANCEIRA: []
- VALOR: []
- DEC-FEC: []
- META DEC: [] DEC: [] META FEC: [] FEC: []
- PODAS: []
- QUANTIDADE: [] GASTO: []
- CAPEX: []
- VALOR: []
- OPEX: []
- VALOR: []

Buttons: Salvar, Cancelar

Fonte: o autor

Após esta etapa, será necessário carregar os dados para a área de trabalho. Logo, o usuário, após ter inserido as informações para a análise, deverá selecionar a base de dados gerada dentro do programa. Ele deve clicar no botão “Browse” para buscar os dados, escolher a opção de “Abrir”, selecionar o arquivo de destino, para o trabalho em questão, que foi denominado “database”, conforme mostrado na Figura 6.

Figura 6 Seleção de dados

The 'Dados' window features a menu bar with the following items: CONJUNTO | ANO | OCORRENCIAS | GASTO COM ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS | FATURAMENTO BRUTO | VALOR ENERGIA NÃO FATURADA | COMPENSAÇÃO FINANCEIRA | META DEC | DEC | META FEC | FEC | PODAS | GASTO COM PODAS | OPEX | CAPEX.

Buttons: Inserir Dados, Limpar Dados

Carregar Dados: C:/Users/4005600/Desktop/piller/piller/2/database.c [Browse] [Carregar Dados]

Exportar: C:/Users/4005600/Desktop/piller/piller/2/database.c [Exportar Dados]

[Analisar]

Fonte: o autor

Após o arquivo enviado ao programa, será a etapa de carregar as informações, para isso, basta clicar no botão “carregar dados”. Dessa forma, a tabela principal será “plotada”, conforme pode ser observado na Figura 7.

Figura 7 Carregamento de dados

CONJUNTO	ANO	OCORRENCIAS	GASTO COM ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS	FATURAMENTO BRUTO	VALOR ENERGIA NÃO FATURADA	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA	META DEC	DEC	META FEC	FEC	PODAS	GASTO COM PODAS	OPEX	CAPEX
CONJUNTO 1	2016	839	152001.63	60047470.54	6854.73408	115566.97	9	11.7	6	10.2	383	87348.97	25087	465992
CONJUNTO 2	2016	772	27552.24	146770903.7	14500.12503	102362.3	8	8.47	6	5.43	1021	125184.81	62060	303282
CONJUNTO 1	2017	772	139863.24	40838064.21	4661.879475	150056.35	8	6.17	6	4.52	1853	236980.17	31855	478128
CONJUNTO 2	2017	772	23230.32	94967137.67	9382.209526	290706.88	7	9.12	5	6.36	1342	164542.62	11210	547707
CONJUNTO 1	2018	750	135877.5	44370598.92	5065.19351	169610.4	7	5.93	5	3.64	1410	189329.9	25968	802022
CONJUNTO 2	2018	772	26111.6	104648803	10338.70263	238252.48	6	8.07	5	5.89	1623	198996.03	59470	1272681
CONJUNTO 1	2019	817	148015.89	32658486.5	3728.137729	179320.18	6	5.09	5	3.99	607	17929.23	22178	1171741
CONJUNTO 2	2019	817	26471.76	82725933.29	8172.759398	254911.04	6	5.06	5	4.57	660	89322.5	19832	1807064
CONJUNTO 1	2020	798	144573.66	46595923.98	5319.169404	121469.5	6	4.37	5	3.74	774	98986.86	33584	695797
CONJUNTO 2	2020	155	27912.4	102867718.1	10162.74164	68938.67	6	3.95	4	2.75	1049	128617.89	31354	1203571

Buttons: Inserir Dados, Limpar Dados

Carregar Dados: [] [Browse] [Carregar Dados]

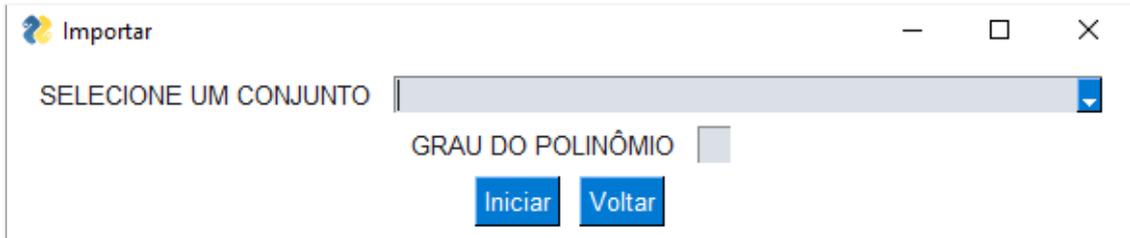
Exportar: C:/Users/4005600/Desktop/piller/piller/2/database.c [Exportar Dados]

[Analisar]

Fonte: o autor

Passadas as etapas de inserção de dados, será a hora de selecionar o conjunto a ser analisado, para isso, deve-se clicar no botão “Analisar” para habilitar a tela de “importar”, onde, conforme visto na Figura 8, o usuário selecionará o conjunto e grau do polinômio que representará os valores de DEC, FEC e Delta Receita ao longo dos anos.

Figura 8 - Seleção de Conjunto



Fonte: o autor

Após essas opções selecionadas, a tela principal do programa será habilitada com as informações desenvolvidas para a análise, tais como valores de DEC e FEC limites, gráficos de DEC e FEC com curvas de receita projetada e tabela principal com análise comparativa dos anos; todas essas informações podem ser vistas na Figura 9.

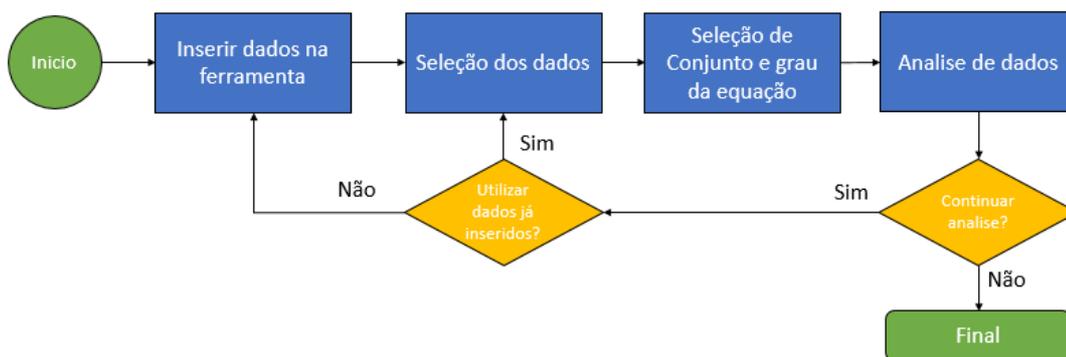
Figura 9 - Tela de Resultados



Fonte: o autor

A ferramenta computacional proporcionou grande precisão e velocidade para realização dos cálculos bases utilizados na pesquisa e trouxe também a facilidade de que qualquer usuário, com o mínimo de conhecimento em informática, possa utilizá-la sem grandes problemas. O fluxograma resumido do processo de entrada e saída de informações do programa pode ser visto na Figura 10.

Figura 10 - Fluxograma Programa



Fonte: o autor

3.6 Simulação das interpolações para análise de sensibilidade

A fim de se verificar a sensibilidade dos valores de DEC e FEC limites em função da escolha do grau das equações polinomiais, foram realizados testes alterando o grau da equação, de 1 a 3, verificando as variações dos valores limites e o valor do fator de correlação, R^2 . Na Tabela 18 estão descritos os resultados encontrados.

Tabela 18 - Resultados simulação sensibilidade

CONJUNTO	GRAU EQUAÇÃO	DEC LIMITE	R^2	FEC LIMITE	R^2
CONJUNTO 1	1	5,39	0,96	3,97	0,43
CONJUNTO 1	2	5,08	0,99	3,71	0,64
CONJUNTO 1	3	4,8	1	4,06	1
CONJUNTO 2	1	5,55	0,96	4,24	0,94
CONJUNTO 2	2	4,81	0,96	3,87	1
CONJUNTO 2	3	3,9	0,99	3,6	0,98

CONJUNTO 3	1	8,07	0,91	4,65	0,27
CONJUNTO 3	2	7,7	0,99	4,88	0,41
CONJUNTO 3	3	7,78	0,91	4,27	1
CONJUNTO 4	1	9,58	0,6	6,55	0,56
CONJUNTO 4	2	9,95	1	7,14	0,96
CONJUNTO 4	3	10,33	0,97	8,33	0,99
CONJUNTO 5	1	1,76	0,75	1,33	0,75
CONJUNTO 5	2	2,09	0,94	1,57	1
CONJUNTO 5	3	1,74	0,9	1,3	1

Fonte: o autor

Após os testes realizados, pode-se verificar que as sensibilidades dos dados analisados não tiveram grande variação, pois os valores obtidos de DEC e FEC não estão tão distantes quando comparados aos conjuntos. Foi definido então, que o grau a ser utilizado no estudo será de grau três, pois a curva toca todos os pontos, o resultado obtido de R^2 é muito próximo ou igual a 1 para todos os casos e há limitação da quantidade de pontos a serem analisados (4 pontos de receita).

Capítulo 4 - Análises Comparativas

A seguir, serão mostrados os resultados obtidos através das análises dos indicadores DEC e FEC em relação ao investimento.

Para se avaliar os investimentos realizados em decorrência dos indicadores estipulados pela ANEEL, foi realizado, a priori, uma série de análises a fim de se obter a melhor forma de realizar as comparações. A opção escolhida foi a de realizar a diferença de investimento entre um ano com o seu posterior. Quando se gastou menos, o resultado da diferença foi positivo, significando um ganho em relação ao ano anterior. Quando se gastou mais ou perdeu maior valor de capital, a diferença foi negativa, significando uma despesa adicional em relação ao ano anterior.

Os valores dos serviços de podas foram convertidos para valores da moeda real, multiplicando por um valor de serviço médio, adotado nesse trabalho como R\$ 127,89. Já para o valor de atendimentos emergenciais, o valor médio utilizado para a conversão foi de R\$ 181,17, conforme verificado no item 3.4 do Capítulo 3.

Foi feita curva de indicador x receita (Delta), realizando curva polinomial de grau 3 fazendo uma interpolação para se obter o valor de DEC e FEC Limites; um dos objetivos dessa pesquisa. Os indicadores de DEC limite e FEC limite sinalizam que, os conjuntos com indicadores de qualidade que tiverem resultados acima do limite, terão uma perda do investimento em manutenção. Ressalta-se ainda, que os valores limites correspondem aos valores de DEC e FEC em que o investimento não fica nem excedente nem em déficit. De forma resumida, esse processo pode ser descrito da seguinte forma:

- DEC e FEC ANEEL > DEC e FEC LIMITE – resultam que o índice exigido pela ANEEL traz custos operacionais, sem retorno financeiro;
- DEC e FEC ANEEL = DEC E FEC LIMITE – resultam que o índice exigido pela ANEEL não traz nem retorno, nem custos operacionais;
- DEC e FEC ANEEL < DEC E FEC LIMITE – resultam que o índice exigido pela ANEEL traz retorno dos investimentos operacionais.

Para o conjunto 1 se obteve os resultados comparativos entre os anos estudados, de acordo com a Tabela 19.

Tabela 19 - Valores Comparativos anuais do Conjunto 1

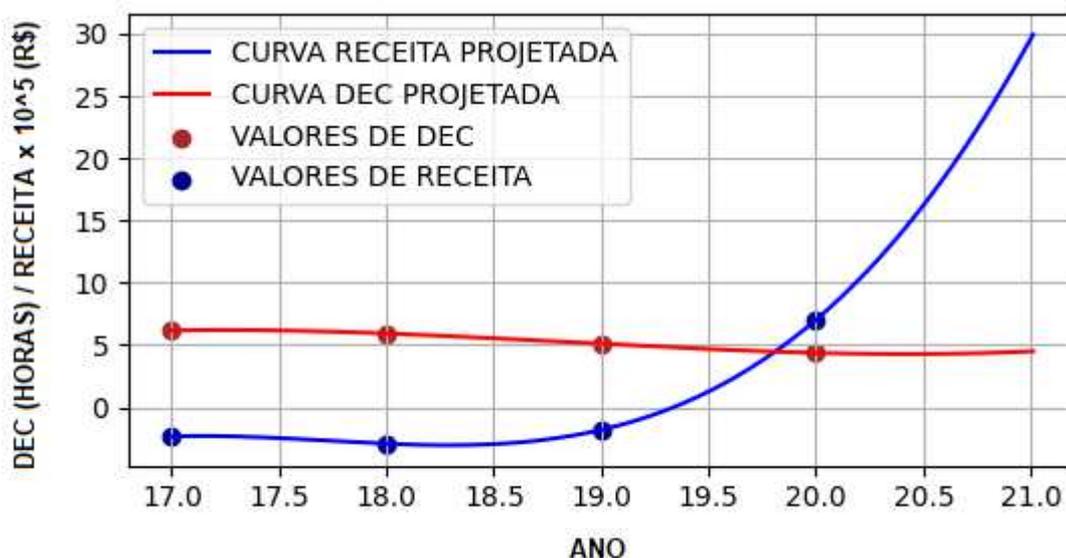
PERÍODO	CAPEX (R\$)	OPEX (R\$)	COMPENSACAO FINANCEIRA (R\$)	PODAS (R\$)	ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS (R\$)	ENERGIA NAO FATURADA (R\$)	DELTA (R\$)
2016/2017	-8.135,98	-57.674,1	-33.489,38	-149.631,3	12.138,39	51.505,14	-185.287,24
2017/2018	-382.103,47	48.583,19	-19.554,05	56.655,27	3.985,74	-1.272,47	-293.705,79
2018/2019	-315.156,7	48.183,69	-9.709,78	102.695,67	-12.138,39	11.060,04	-171.424,44
2019/2020	475.950,45	188.200,6	57.850,68	-21.357,63	3.442,23	-4.268,55	699.817,78

Fonte: o autor

Os valores obtidos na curva de DEC x Receita podem ser verificados na Figura 11, bem como sua Equação 21.

$$\text{DEC Limite} = 0,12x^3 - 6,78x^2 + 126,78x - 779,2 \quad (21)$$

Figura 11 - DEC Limite, Conjunto 1

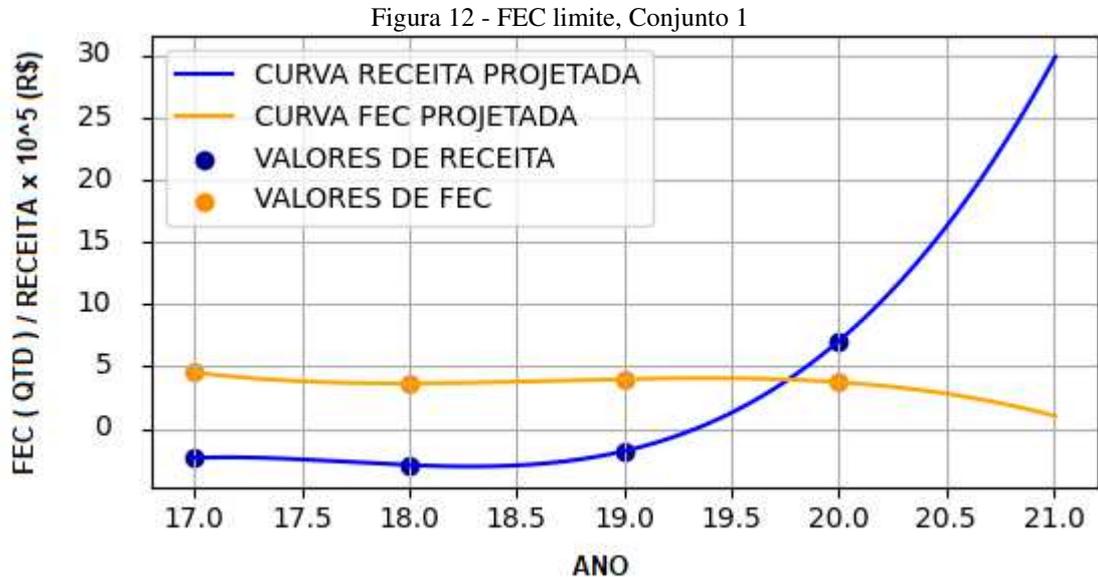


Fonte: o autor

Após a substituição do valor de x da equação polinomial pelo valor de receita que toca o eixo x em zero (19,33), o valor de DEC limite encontrado para o conjunto 1 foi de 4,8.

Os valores obtidos na curva de FEC x Receita podem ser verificados na Figura 12, bem como a Equação polinomial 22.

$$\text{FEC Limite} = -0,305x^3 - 17,085x^2 + 318,56x - 1981,2 \quad (22)$$



Fonte: o autor

Após a substituição do valor de x da equação polinomial pelo valor de receita que toca o eixo x em zero (19,33), o valor de FEC limite encontrado para o conjunto 1 foi de 4,06.

Para o conjunto 2 se obteve os resultados comparativos entre os anos estudados, de acordo com a Tabela 20.

Tabela 20 - Valores comparativos anuais do conjunto 2

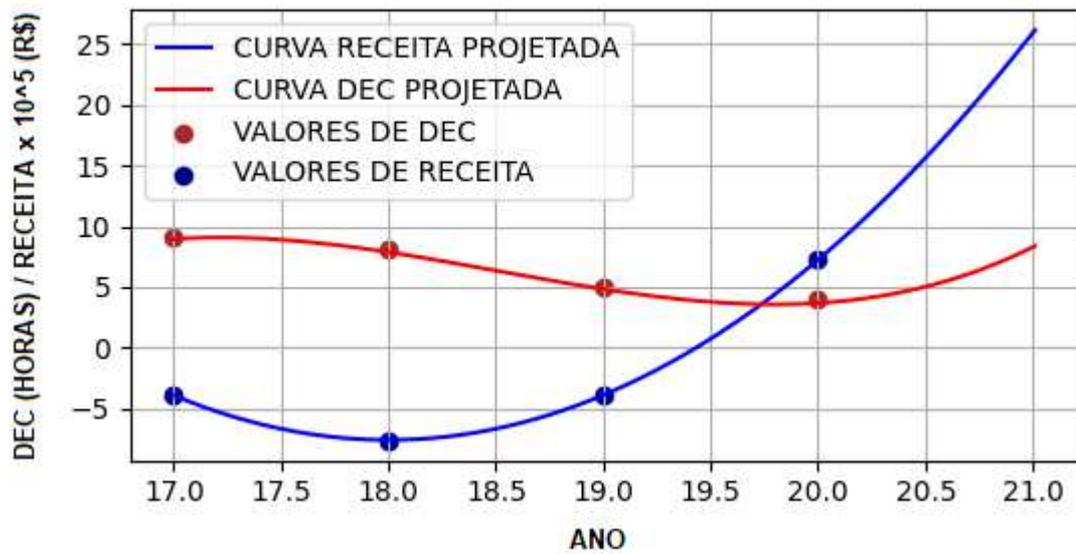
PERÍODO	CAPEX (R\$)	OPEX (R\$)	COMPENSACAO FINANCEIRA (R\$)	PODAS (R\$)	ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS (R\$)	ENERGIA NAO FATURADA (R\$)	DELTA (R\$)
2016/2017	-211534,87	61316,43	-188344,58	-41052,69	9602,01	35714,93	-334298,77
2017/2018	-627418,99	-41765,79	52454,40	-35937,09	20291,04	2419,37	-629957,05
2018/2019	-462478,07	35169,77	-15758,56	123158,07	-42212,61	41429,38	-320692,02
2019/2020	522284,13	-10836,94	185072,37	-49749,21	28624,86	1808,33	677203,53

Fonte: o autor

Os valores obtidos na curva de DEC x Receita podem ser verificados na Figura 13, bem como a Equação polinomial 23.

$$\text{DEC Limite} = 0,6433x^3 - 35,72x^2 + 657,9x - 4013 \quad (23)$$

Figura 13 - DEC limite, Conjunto 2



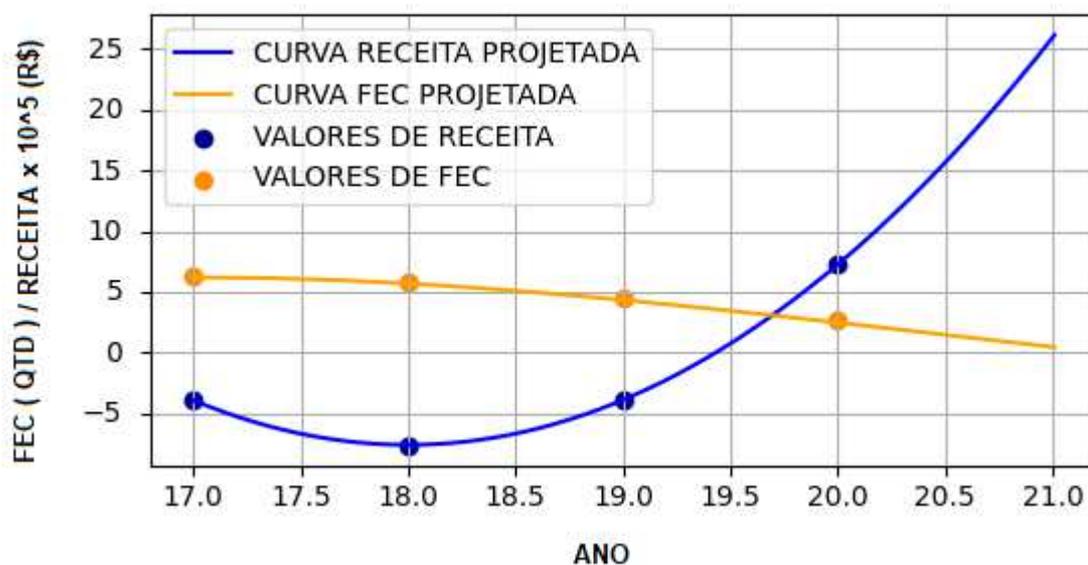
Fonte: o autor

Após a substituição do valor de x da equação polinomial pelo valor de receita que toca o eixo x em zero (19,42), o valor de DEC limite encontrado para o conjunto 2 foi de 3,9.

Os valores obtidos na curva de FEC x Receita podem ser verificados na Figura 14, bem como a Equação polinomial 24.

$$\text{FEC Limite} = 0,0583x^3 - 3,575x^2 + 71,05x - 454,9 \quad (24)$$

Figura 14 - FEC limite, Conjunto 2



Fonte: o autor

Após a substituição do valor de x da equação polinomial pelo valor de receita que toca o eixo x em zero (19,42), o valor de FEC limite encontrado para o conjunto 2 foi de 3,6.

Para o conjunto 3 se obteve os resultados comparativos entre os anos estudados, de acordo com a Tabela 21.

Tabela 21 - Valores Comparativos anuais do conjunto 3

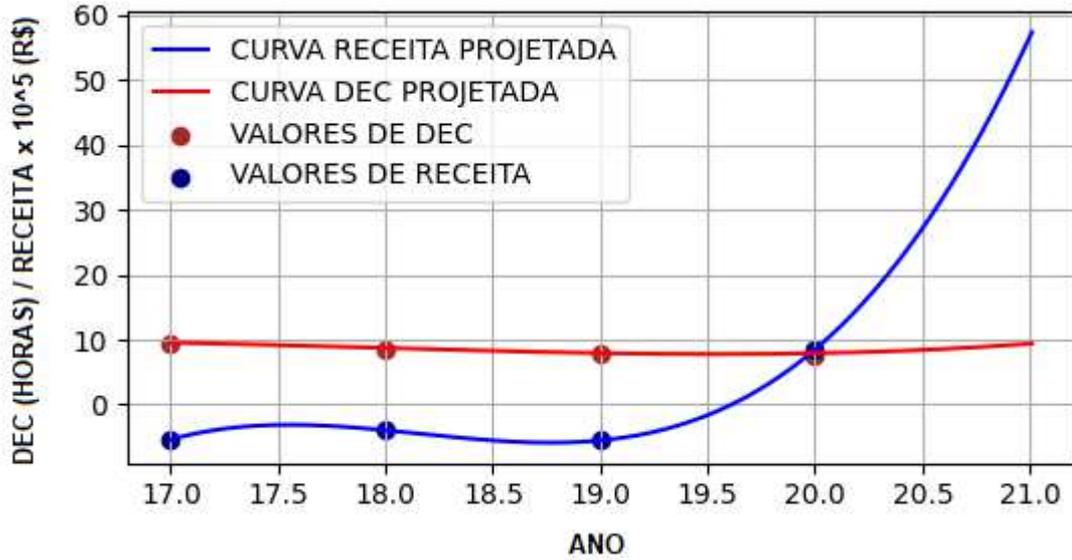
PERÍODO	CAPEX (R\$)	OPEX (R\$)	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA (R\$)	PODAS (R\$)	ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS (R\$)	ENERGIA NÃO FATURADA (R\$)	DELTA (R\$)
2016/2017	-530986,91	28385,82	59788,25	-102695,67	8333,82	20674,43	-516500,26
2017/2018	-271119,25	-68040,21	-103060,15	19822,95	25182,63	26510,75	-370703,28
2018/2019	-521090,71	-176632,05	131815,50	58445,73	-44386,65	4213,90	-547634,28
2019/2020	272161,29	383749,60	143831,68	6778,17	42212,61	-4195,54	844537,81

Fonte: o autor

Os valores obtidos na curva de DEC x Receita podem ser verificados na Figura 15, bem como a Equação polinomial 25.

$$\text{DEC Limite} = 0,1217x^3 - 6,555x^2 + 116,76x - 678,9 \quad (25)$$

Figura 15 - DEC limite, Conjunto 3



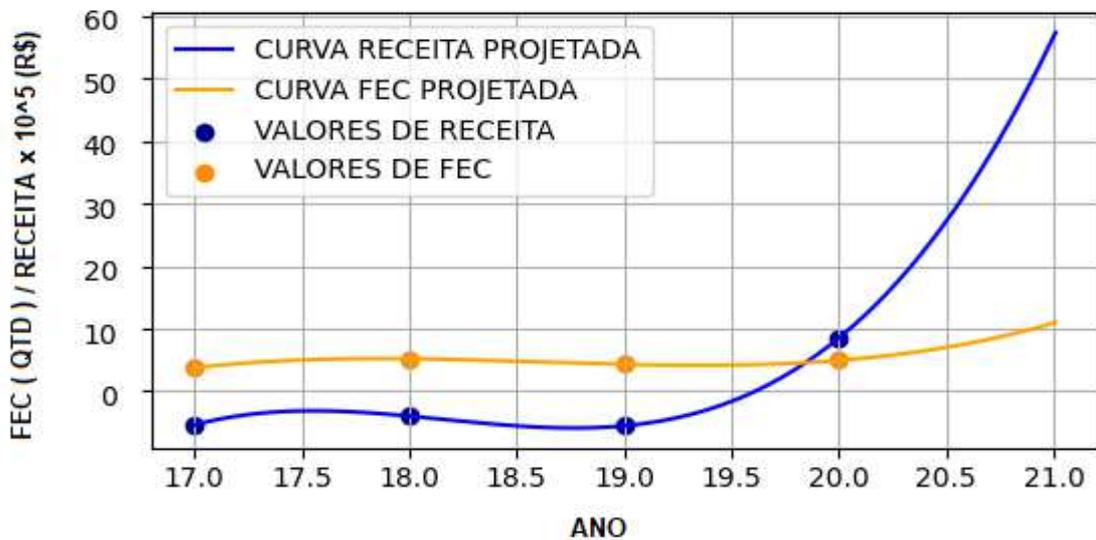
Fonte: o autor

Após a substituição do valor de x da equação polinomial pelo valor de receita que toca o eixo x em zero (19,62), o valor de DEC limite encontrado para o conjunto 3 foi de 7,77.

Os valores obtidos na curva de FEC x Receita podem ser verificados na Figura 16, bem como a Equação polinomial 26.

$$\text{FEC Limite} = 0,64x^3 - 35,725x^2 + 663,66x - 4098,24 \quad (26)$$

Figura 16 - FEC limite, Conjunto 3



Fonte: o autor

Após a substituição do valor de x da equação polinomial pelo valor de receita que toca o eixo x em zero (19,62), o valor de FEC limite encontrado para o conjunto 3 foi de 4,3.

Para o conjunto 4 se obteve os resultados comparativos entre os anos estudados, de acordo com a Tabela 22.

Tabela 22 - Valores comparativos anuais do conjunto 4

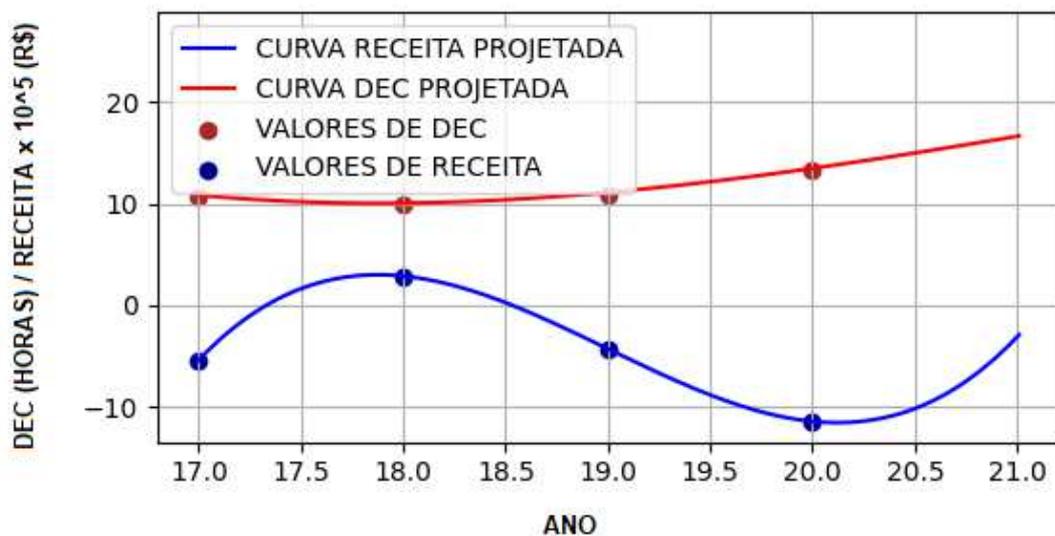
PERÍODO	CAPEX (R\$)	OPEX (R\$)	COMPENSAÇÃO FINANCEIRA (R\$)	PODAS (R\$)	ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS (R\$)	ENERGIA NÃO FATURADA (R\$)	DELTA (R\$)
2016/2017	-386780,51	328,14	8654,38	-206158,68	42756,12	2172,14	-539028,41
2017/2018	122154,85	5293,47	43511,71	131087,25	-15761,79	-738,67	285546,82
2018/2019	-379736,92	86254,13	-22523,04	-102056,22	-11594,88	1583,22	-428073,71
2019/2020	-1068540,48	126763,25	-3985,44	-207693,36	9783,18	-2863,41	-1146536,26

Fonte: o autor

Os valores obtidos na curva de DEC x Receita podem ser verificados na Figura 17, bem como a Equação polinomial 27.

$$\text{DEC Limite} = -0,0883x^3 - 5,69x^2 + 118,79x - 819,99 \quad (27)$$

Figura 17 - DEC limite, Conjunto 4



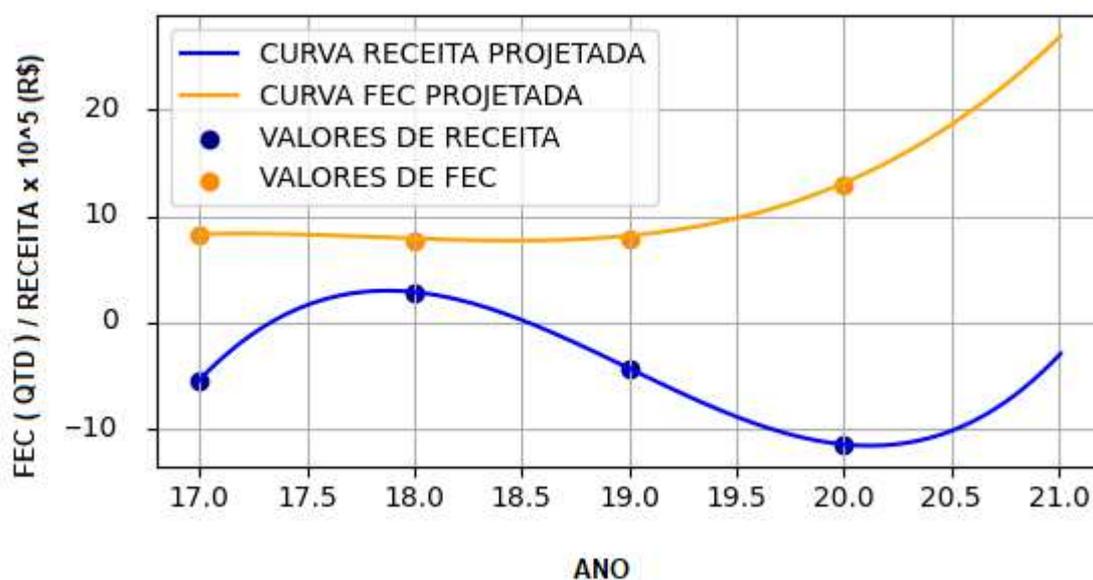
Fonte: o autor

Após a substituição do valor de x da equação polinomial pelo valor de receita que toca o eixo x em zero (17,33), o valor de DEC limite encontrado para o conjunto 4 foi de 10,65.

Os valores obtidos na curva de FEC x Receita podem ser verificados na Figura 18, bem como a Equação polinomial 28.

$$\text{FEC Limite} = 0,6667x^3 - 35,665x^2 + 635,17x - 3757,6 \quad (28)$$

Figura 18 - FEC limite, Conjunto 4



Fonte: o autor

Após a substituição do valor de x da equação polinomial pelo valor de receita que toca o eixo x em zero (17,33), o valor de FEC limite encontrado para o conjunto 4 foi de 8,63.

Para o conjunto 5 se obteve os resultados comparativos entre os anos estudados, de acordo com a Tabela 23.

Tabela 23 - Valores comparativos anuais do conjunto 5

PERÍODO	CAPEX (R\$)	OPEX (R\$)	COMPENSACAO FINANCEIRA (R\$)	PODAS (R\$)	ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS (R\$)	ENERGIA NAO FATURADA (R\$)	DELTA (R\$)
2016/2017	-2601579,30	-3910,76	-196119,98	0,00	2536,38	-2289,62	-2801363,27
2017/2018	1169301,09	-23067,70	89813,89	0,00	-543,51	858,64	1236362,42

2018/2019	451788,92	19491,49	186995,71	0,00	-181,17	1176,82	659271,76
2019/2020	3338913,20	20084,58	70606,30	0,00	3804,57	2547,32	3435955,97

Fonte: o autor

Os valores obtidos na curva de DEC x Receita podem ser verificados na Figura 19, bem como a Equação polinomial 29.

$$\text{DEC Limite} = -0,2267x^3 - 12,305x^2 + 222,58x - 1343,4 \quad (29)$$

Figura 19 - DEC Limite, Conjunto 5



Fonte: o autor

Após a substituição do valor de x da equação polinomial pelo valor de receita que toca o eixo x em zero (17,45), o valor de DEC limite encontrado para o conjunto 5 foi de 1,85.

Os valores obtidos na curva de FEC x Receita podem ser verificados na Figura 20, bem como a Equação polinomial 30.

$$\text{FEC Limite} = -0,04x^3 + 2,015x^2 - 33,725x + 189,01 \quad (30)$$

Figura 20 - FEC limite, Conjunto 5



Fonte: o autor

Após a substituição do valor de x da equação polinomial pelo valor de receita que toca o eixo x em zero (17,45), o valor de FEC limite encontrado para o conjunto 5 foi de 1,54.

Capítulo 5 - Análises dos resultados

A fim de facilitar a análise dos resultados encontrados, foi gerada a Tabela 24, com os dados referentes as características dos conjuntos x valores de DEC e FEC limites.

Tabela 24 - Valores Comparativos

CONJUNTO	CLIENTES	Quilometragem de rede	Faturamento médio por cliente	DEC LIMITE	DEC ANEEL	FEC LIMITE	FEC ANEEL
CONJUNTO 1	39567	184,98	R\$ 1.134,84	4,8	7	4,06	5
CONJUNTO 2	28873	140,90	R\$ 3.189,11	3,9	6	3,6	4
CONJUNTO 3	45891	241,89	R\$ 1.294,68	7,77	7	4,34	4
CONJUNTO 4	16912	1052,1	R\$ 144,26	10,65	11	8,63	8
CONJUNTO 5	20981	90,1	R\$ 1.038,41	1,85	1	1,54	1

Fonte: o autor

5.1 Análise de resultados para o Conjunto 1

✓ Características:

Nota-se que para esse conjunto, a quantidade de clientes é alta, tendo uma grande quantidade de árvores e uma média quilometragem de rede, que acaba justificando o valor investido nesse conjunto tanto em OPEX, quanto em CAPEX, pois a falta de investimento poderia gerar altos transtornos e prejuízos à distribuidora. Os resultados, de forma resumida para esse conjunto, podem ser verificados na Tabela 25.

✓ Comparação entre valores limites e os especificados pela ANEEL:

DEC LIMITE: 4,8 DEC ANEEL: 7

Consequências: Embora a ANEEL, através de seu *benchmarking*, sugira um DEC de 7, a concessionária deve operar num DEC menor ou igual que 4,8, pois ao contrário, os serviços de manutenção não trarão retorno financeiro, e sim mais despesas operacionais.

FEC Limite: 4,06 FEC ANEEL:5

Consequências: De forma análoga ao DEC, o valor sugerido pela ANEEL sendo maior que o valor limite, significa, que se a distribuidora se mantiver neste nível de FEC, os serviços de manutenção que serão planejados não trarão retorno financeiro e sim mais despesas operacionais.

Tabela 25 - Análise dos valores ocorridos nos anos (2016 – 2020) / Conjunto 1

Anos	DEC	Abaixo Limite? (4,8)	Meta ANEEL	Abaixo Meta ANEEL?	FEC	Abaixo Limite? (4,06)	Meta ANEEL	Abaixo Meta ANEEL?	Valor retorno Financeiro (R\$)	Anos analisados
2016	11,71	Não	9	Não	10,21	Não	6	Não	-	-
2017	6,17	Não	8	Sim	4,52	Não	6	Sim	-185.287,24	2016-2017
2018	5,93	Não	8	Sim	3,64	Sim	6	Sim	-293.705,79	2017-2018
2019	5,09	Não	7	Sim	3,99	Sim	5	Sim	-171.424,44	2018-2019
2020	4,37	Sim	7	Sim	3,74	Sim	5	Sim	699.817,78	2019-2020

Fonte: o autor

De forma resumida, para esse conjunto, o valor de Delta maior que zero, poderia não ter sido gasto, tendo em vista que o conjunto já estaria na meta estipulada pela ANEEL desde 2017 e seus valores de DEC e FEC estariam operando abaixo do limite desde de 2020.

5.2 Análise de resultados para o Conjunto 2

✓ Características:

Nota-se que para esse conjunto a quantidade de clientes é média, há grande quantidade de árvores, média quilometragem de rede e alto valor de faturamento por clientes.

Sendo uma região sensível frente a mídia, que acaba justificando o valor investido nesse conjunto tanto em OPEX, quanto em CAPEX, pois a falta de investimento poderia gerar altos transtornos e prejuízos à distribuidora e grande exposição negativa na mídia. Os resultados de forma resumida para esse conjunto podem ser verificados na Tabela 26.

- ✓ Comparação entre valores limites e os especificados pela ANEEL:

DEC LIMITE: 3,9 DEC ANEEL: 6

Consequências: Embora a ANEEL, através de seu *benchmarking*, sugira um DEC de 6, a concessionária deve operar num DEC menor ou igual que 3,9, pois ao contrário, os serviços de manutenção não trarão retorno financeiro, e sim mais despesas operacionais.

FEC Limite: 3,6 FEC ANEEL:5

Consequências: De forma análoga ao DEC, o valor sugerido pela ANEEL sendo maior que o valor limite, significa que, se a distribuidora se mantiver neste nível de FEC, os serviços de manutenção que serão planejados não trarão retorno financeiro, e sim mais despesas operacionais.

Tabela 26 - Análise dos valores ocorridos nos anos (2016 – 2020) / Conjunto 2

Anos	DEC	Abaixo Limite? (3,9)	Meta ANEEL	Abaixo Meta ANEEL?	FEC	Abaixo Limite? (3,6)	Meta ANEEL	Abaixo Meta ANEEL?	Valor retorno Financeiro (R\$)	Anos analisados (R\$)
2016	8,17	Não	6	Não	5,13	Não	5	Não	-	-
2017	8,82	Não	6	Não	6,06	Não	5	Não	-334.298,77	2016-2017
2018	7,77	Não	6	Não	5,59	Não	5	Não	-629.957,05	2017-2018
2019	4,76	Não	6	Sim	4,27	Não	5	Sim	-320.692,02	2018-2019
2020	3,65	Sim	6	Sim	2,45	Sim	4	Sim	677.203,53	2019-2020

Fonte: o autor

De forma resumida, para esse conjunto, o valor de Delta maior que zero, poderia não ter sido gasto, tendo em vista que o conjunto já estaria na meta estipulada pela ANEEL em 5

anos, desde 2019 e operando abaixo dos valores limites de DEC e FEC calculados desde 2020.

5.3 Análise de resultados para o Conjunto 3

✓ Características:

Nota-se que para o esse conjunto a quantidade de clientes é muito alta, há uma quantidade média de árvores e uma quilometragem de rede alta, um faturamento médio, com atendimentos de grandes empresas em média tensão, o que acabando justificando o valor investido nesse conjunto tanto em OPEX, quanto em CAPEX, pois a falta de investimento poderia gerar altos transtornos e prejuízos a distribuidora, implicando em altas compensações financeiras a essas empresas. Os resultados de forma resumida para esse conjunto podem ser verificados na Tabela 27.

✓ Comparação entre valores limites e os especificados pela ANEEL:

DEC LIMITE: 7,77 DEC ANEEL: 7

Consequências: A ANEEL, através de seu *benchmarking*, sugere um DEC de 7, o que significa que a concessionária deveria operar em um DEC menor ou igual que 7,77 para que os serviços de manutenção não criem despesas operacionais. A faixa de operação do DEC entre 7,77 e 7 para esse caso, deve ser evitada, pois poderá trazer multas e outras sanções perante a ANEEL, por violar o valor estipulado.

FEC Limite: 4,3 FEC ANEEL:4

Consequências: De forma análoga ao DEC, o valor de meta sugerido pela ANEEL, quando menor que o valor limite realizado nesse estudo, deve ser buscado. A faixa maior que 4 e menor que 4,3 deve ser evitada pois estará dentro do valor limite calculado no trabalho, porém violando o estipulado pela ANEEL.

Tabela 27 - Análise dos valores ocorridos nos anos (2016 – 2020) / Conjunto 3

Anos	DEC	Abaixo Limite? (7,77)	Meta ANEEL	Abaixo Meta ANEEL?	FEC	Abaixo Limite? (4,3)	Meta ANEEL	Abaixo Meta ANEEL?	Valor retorno Financeiro (R\$)	Anos analisados (R\$)
2016	11,11	Não	7	Não	6,04	Não	4	Não	-	-
2017	9,37	Não	7	Não	3,76	Sim	4	Sim	-516.500,26	2016-2017
2018	8,52	Não	7	Não	5,2	Não	4	Não	-370.703,28	2017-2018
2019	7,7	Sim	7	Não	4,31	Não	4	Não	-547.634,28	2018-2019
2020	7,64	Sim	7	Não	4,93	Não	4	Não	844.537,81	2019-2020

Fonte: o autor

De forma resumida, para esse conjunto a distribuidora deverá optar por continuar a investir na rede para buscar o valor estipulado pela ANEEL, podendo não estar tendo retorno de investimento ou poderia tentar alterar o valor da meta estipulada junto ao órgão regulador, explicitando os custos que iriam gerar para alcançar tal patamar.

5.4 Análise de resultados para o Conjunto 4

✓ Características:

Nota-se que para o esse conjunto a quantidade de clientes é baixa, há grande quantidade de árvores e uma quilometragem de rede muito alta. Os valores aqui investidos não são tão altos. Os resultados de forma resumida para esse conjunto podem ser verificados na Tabela 28.

✓ Comparação entre valores limites e os especificados pela ANEEL:

DEC LIMITE: 10,65 DEC ANEEL: 11

Consequências: Embora a ANEEL, através de seu *benchmarking*, sugira um DEC de 11, a concessionária deve operar num DEC menor ou igual que 10,65, pois ao contrário, os serviços de manutenção não trarão retorno financeiro, e sim mais despesas operacionais.

FEC Limite: 8,63 FEC ANEEL:8

Consequências: De forma análoga ao DEC, o valor de meta sugerido pela ANEEL, quando menor que o valor limite realizado nesse estudo, deve ser buscado. A faixa maior que 8 e menor que 8,63 deve ser evitada pois estará dentro do valor limite calculado no trabalho, porém violando o estipulado pela ANEEL.

Tabela 28 -Análise dos valores ocorridos nos anos (2016 – 2020) / Conjunto 4

Anos	DEC	Abaixo Limite? (10,65)	Meta ANEEL	Abaixo Meta ANEEL?	FEC	Abaixo Limite? (8,63)	Meta ANEEL	Abaixo Meta ANEEL?	Valor retorno Financeiro (R\$)	Anos analisados
2016	14,08	Não	11	Não	11,01	Não	8	Não	-	-
2017	10,66	Não	11	Sim	8,13	Sim	8	Não	-539.028,41	2016-2017
2018	9,84	Sim	11	Sim	7,69	Sim	8	Sim	285.546,82	2017-2018
2019	10,86	Não	11	Sim	7,92	Sim	8	Sim	-428.073,71	2018-2019
2020	13,19	Não	11	Não	12,82	Não	8	Não	-1.146.536,26	2019-2020

Fonte: o autor

Nota-se ainda que, quando os valores de DEC e FEC voltaram a subir em 2019, houve uma perda de investimento com Delta novamente negativo, o que mostra que a distribuidora deve trabalhar para ficar abaixo dos valores de metas simulados. Os valores de DEC e FEC realizados em que os valores encontrados ficaram abaixo do limite foram os anos de 2017 e 2018, já que nesse período houve um saldo positivo do Delta calculado, como já mostrado anteriormente. Os resultados de forma resumida para esse conjunto podem ser verificados na Tabela 29.

5.5 Análise de resultados para o Conjunto 5

✓ Características:

Nota-se que para o esse conjunto a quantidade de clientes é alta e uma quilometragem de rede baixa, porém, por ser tratar de rede subterrânea em que tanto os investimentos, quanto a manutenção são caros, o que justifica o valor investido nesse conjunto tanto em OPEX, quanto em CAPEX.

✓ Comparação entre valores limites e os especificados pela ANEEL:

DEC LIMITE: 1,85 DEC ANEEL: 1

Consequências: A ANEEL, através de seu *benchmarking*, sugere um DEC de 1, com isso, a concessionária deveria operar em um DEC menor ou igual que 1,85 para que os serviços de manutenção não criem despesas operacionais. A faixa de operação do DEC entre 1,85 e 1 para esse caso, deve ser evitada, pois poderá trazer multas e outras sanções perante a ANEEL, por violar o valor estipulado por ela.

FEC Limite: 1,54 FEC ANEEL: 1

Consequências: De forma análoga ao DEC, o valor de meta sugerido pela ANEEL, quando menor que o valor limite realizado nesse estudo, deve ser buscado. A faixa maior que 1 e menor que 1,54 deve ser evitada pois estará dentro do valor limite calculado no trabalho, porém violando o estipulado pela ANEEL.

Tabela 29 - Análise dos valores ocorridos nos anos (2016 – 2020) / Conjunto 5

Anos	DEC	Abaixo Limite? (1,85)	Meta ANEEL	Abaixo Meta ANEEL?	FEC	Abaixo Limite? (1,54)	Meta ANEEL	Abaixo Meta ANEEL?	Valor retorno Financeiro	Anos analisados
2016	2,24	Não	1	Não	1,72	Não	1	Não	-	-
2017	2,11	Não	1	Não	1,5	Sim	1	Não	-280.1363,27	2016-2017
2018	1,9	Não	1	Não	1,54	Sim	1	Não	1.236.362,42	2017-2018

2019	1,82	Sim	1	Não	1,29	Sim	1	Não	659.271,76	2018-2019
2020	0,51	Sim	1	Sim	0,51	Sim	1	Sim	3.435.955,97	2019-2020

Fonte: o autor

De forma resumida, para esse conjunto a distribuidora poderia optar por continuar a investir na rede para buscar o valor estipulado pela ANEEL, porém não estaria tendo retorno de investimento (OPEX continuaria consumindo o valor de CAPEX), ou poderia tentar alterar o valor da meta estipulada, explicitando os custos que iriam gerar para alcançar tal patamar.

Capítulo 6 - Conclusões e trabalhos futuros

6.1 Conclusões

O processo de manutenção das redes de distribuição ainda é um processo que enfrenta algumas dificuldades, sobre qual a melhor opção de rede a ser investida, o melhor momento de ser feito tal investimento e serviço, se terá retorno, se os custos operacionais serão reduzidos, entre outras dúvidas.

Com as crescentes fiscalizações da ANEEL, bem como a criticidade dos clientes atendidos pelas distribuidoras, se faz necessária uma verificação mais apurada sobre qual valor de indicador DEC e FEC seria ideal para a empresa manter sem ter uma perda em seu investimento.

Com o estudo realizado, foi possível identificar que, em regiões rurais com baixo consumo de energia, baixa quantidade de clientes e baixa quantidade de atendimentos emergenciais, há pouco investimento na rede e o valor de DEC e FEC limite é muito alto. Para regiões em que o consumo de energia é maior, com maior quantidade de clientes, alto impacto mediato, o investimento na rede foi maior e os valores limites foram menores. Por fim, nota-se que para conjunto subterrâneo, o valor de investimento é muito alto, mesmo com baixa quantidade de atendimentos emergenciais, sendo os valores limites de DEC e FEC bem mais baixos que os dos outros conjuntos estudados.

Através da pesquisa realizada e simulações feitas, foi possível identificar uma forma de gerar um valor limite para os indicadores de qualidade, estabelecendo então uma metodologia em que o investimento realizado no período de revisão tarifária, terá perda ou não do capital investido. A análise é de extrema importância para se ter um balizador de até quanto é viável a companhia investir sem prejuízo, além de servir de base para possíveis levantamentos junto a ANEEL comparando os valores de metas já estipulados, pleiteando assim, alguma modificação no valor de meta limite. O estudo conclui que os índices exigidos como meta pela ANEEL, não estão longe do limite econômico da empresa, em função das estratégias de manutenção empregadas.

6.2 Trabalhos futuros

Uma sugestão para trabalho futuro, seria através do estudo realizado, buscar uma forma de calcular o valor de DEC e FEC mínimos para a distribuidora realizar seus investimentos, utilizando a premissa de que, após alcançado o valor limite, a distribuidora poderá ou não investir na rede de distribuição. Dessa forma, a ideia seria simular esse valor para balizar as distribuidoras em até quanto podem investir, no âmbito da manutenção da rede, para terem retorno.

Uma segunda sugestão de trabalho futuro seria através da metodologia proposta nesse estudo, verificar como os dados dos conjuntos se comportariam mediante às mudanças nos cenários econômicos futuros e se os valores limites estipulados dariam retorno para anos posteriores como 2021, 2022 e assim sucessivamente.

Uma outra opção de estudo futuro seria realizar estudos para alocar ou substituir equipamentos na rede de distribuição para otimização do DEC e FEC limites e assim maximizar os retornos financeiros das distribuidoras a longo e médio prazo.

A última sugestão de trabalho futuro seria realizar um estudo para se obter um valor financeiro limite para que a distribuidora faça investimentos nos conjuntos sem ter prejuízo. Dessa forma, seria realizado um estudo de previsibilidade financeira em que a distribuidora saberia até quanto é válido investir em um conjunto para os próximos anos, tendo um valor de retorno de indicador e capital.

Referências bibliográficas

ABRADEE. Setor Elétrico. **www.abradee.org.br**, 2021. Disponível em: <<https://www.abradee.org.br/setor-eletrico/redes-de-energia-eletrica/>>. Acesso em: 2021.

ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. [S.l.]: [s.n.], 2000.

ANDRADE, M. S. UFJF, 2017. Disponível em: <https://www.ufjf.br/eletrica_energia/files/2016/11/TCC_Matheus_Andrade.pdf>. Acesso em: nov. 2021.

ANEEL. Qualidade do serviço. **aneel.gov.br**, 2016. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/qualidade-do-servico2>>. Acesso em: 2021.

ANEEL. **aneel.gov.br**. ANEEL, 2017. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa/-/asset_publisher/uQ5pCGhnyj0y/content/revisao-tarifaria/654800?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Ffliferayhom%2Fweb%2Fguest%2Fentendendo-a-tarifa%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_uQ5pCGhnyj0y%26p_p_lifecycle%3D>. Acesso em: 10 jul. 2021.

ANEEL. Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. In: ANEEL **Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST**. [S.l.]: [s.n.], 2021. p. Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica.

ANEEL. PRODIST. **aneel.gov.br**, 2021. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo_8-Revis%C3%A3o_12/342ff02a-8eab-2480-a135-e31ed2d7db47>. Acesso em: 2021.

BARBOSA, A. D. S. MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SERVIÇOS PRESTADOS PELAS CONCESSIONARIAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - ASPECTOS TÉCNICOS E COMERCIAIS. **Repositório UNB**, 2018. Disponível em:

<https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/33903/1/2018_AilsondeSouzaBarbosa.pdf>.

Acesso em: nov. 2021.

BARBOSA, R. S. M. O. A Multi-Criteria Decision Analysis Method for Regulatory Evaluation of Electricity Distribution Service Quality. **doi:** 10.1016/j.jup.2018.06.002, 06 Junho 2018. Disponível em: <doi: 10.1016/j.jup.2018.06.002>.

BERNARDO, N. Evolução da Gestão da Qualidade de Serviço de Energia. **Repositório da Politécnica**, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006255.pdf>>. Acesso em: 2021.

BORGES, L. E. **Python para Desenvolvedores**. São Paulo: Novatec, 2014.

CONGRESSO NACIONAL DO BRASIL. JusBrasil. **Jusbrasil.com.br**, 1988. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/topicos/10659529/artigo-175-da-constituicao-federal-de-1988>>. Acesso em: 2021.

CONGRESSO NACIONAL DO BRASIL. Planalto.gov. **Planalto.gov**, 1995. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19074cons.htm>. Acesso em: 2021.

CONSTANTI, L. P. repositorio.unb.br, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/15875/1/2013_LarissaPinheiroConstanti.pdf>. Acesso em: 2021.

DANIEL SILVEIRA ROCHA, R. F. **UFPR**, 2019. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/p/arquivostccs/560.pdf>>. Acesso em: nov. 2021.

DAVI VIDAL, L. M. **Nota Técnica n° 0168/2016-SRD/ANEEL**. ANEEL. [S.l.], p. 18. 2016.

FALCÃO, R. D. O. DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: UMA ANÁLISE. **Locus UFV**, 2019. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/27295/1/texto%20completo.pdf>>. Acesso em: nov. 2021.

FILHO, J. M. Instalações Elétricas Industriais. In: FILHO, J. M. **Instalações Elétricas Industriais**. São Paulo: LTC, 2012. p. 667.

GOULART, D. D. UFSM. **Universidade Federal de Santa Maria**, 2002. Acesso em: nov. 2021.

JANNUZZI, A. C. REGULAÇÃO DA QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA SOB O FOCO DO CONSUMIDOR. **Repositorio UNB**, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2712/1/Dissert_Antonio%20Jannuzzi.pdf>. Acesso em: nov. 2021.

KÜHNE, I. E. M. **Universidade Regional - UNIJUI**, 2020. Disponível em: <<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/6769>>. Acesso em: nov. 2021.

MARIO OTANI, W. V. M. A PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL NA BUSCA DA EXCELÊNCIA OU CLASSE MUNDIAL. **Periodicos UTFPR**, 2008. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/16>>. Acesso em: nov. 2021.

MEGLIORINI, E. **Análise e gestão**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.

MEYER, M. NOVO MODELO PARA O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO. **www.machadomeyer.com.br**, 2007. Disponível em: <<https://www.machadomeyer.com.br/pt/inteligencia-juridica/publicacoes-ij/novo-modelo-para-o-setor-eletrico-brasileiro>>. Acesso em: 2021.

NBR-5462, A. B. D. N. T. **NBR-5462: confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

PADOVEZE, C. L. **Controladoria Básica**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

PINHEIRO, T. M. M. https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/12795/1/2012_ThelmaMariaMeloPinheiro.pdf. **Repositorio UNB**, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/12795/1/2012_ThelmaMariaMeloPinheiro.pdf>. Acesso em: nov. 2021.

PRODIST. ANEEL. [aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br), 2021. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo_8-Revis%C3%A3o_12/342ff02a-8eab-2480-a135-e31ed2d7db47>. Acesso em: 2021.

RAMOS, D. S.; BRANDÃO, R.; CASTRO, N. J. D. <https://www.gesel.ie.ufrj.br/>, 2012. Disponível em: <http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/58_TDSE47.pdf>. Acesso em: 2021.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. In: SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002. p. 703.

SONGINI, M. L. Put in Plain Language: The high portable, object-oriented Python language moves into, 2005. Disponível em: <<http://www.computerworld.com/softwaretopics/software/story/0,10801,104484,00.html>>. Acesso em: 2021.

SOUZA, M. F. D. engeletrica.ufms.br. **Página do Curso de Engenharia Elétrica da UFMS**, 2019. Disponível em: <<https://engeletrica.ufms.br/files/2021/02/QUEVEDO-Matheus-Franco-de-Souza-2019.pdf>>. Acesso em: 2021.

SOUZA, M. F. D. <https://engeletrica.ufms.br/>. **https://engeletrica.ufms.br/**, 2019. ISSN 1. Disponível em: <<https://engeletrica.ufms.br/files/2021/02/QUEVEDO-Matheus-Franco-de-Souza-2019.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2021.

TCU. <https://portal.tcu.gov.br/>. **Portal Tribunal de contas da união**, 2014. Disponível em: <<https://portal.tcu.gov.br/biblioteca-digital/auditoria-na-base-de-remuneracao-regulatoria-adoptada-pela-aneel-no-calculo-das-tarifas-de-distribuicao-de-energia-eletrica.htm>>. Acesso em: 2021.

Apêndices A

Código desenvolvido em python:

```
import pandas as pd

import matplotlib.pyplot as plt

import matplotlib.pyplot as plt2

import numpy as np

from scipy.optimize import fsolve

nomePlanilha = "Planilha Riller.xlsm"

nomeConjunto = input("DIGITE O NOME DO CONJUNTO:")

dec = pd.read_excel(nomePlanilha, sheet_name="DEC-FEC")

dec = dec[dec['CONJUNTO'] == nomeConjunto]

dec = dec[dec['TIPO'] == "DEC"]

fec = pd.read_excel(nomePlanilha, sheet_name="DEC-FEC")

fec = fec[fec['CONJUNTO'] == nomeConjunto]

fec = fec[fec['TIPO'] == "FEC"]

CAPEX = pd.read_excel(nomePlanilha, sheet_name="CAPEX-OPEX")

CAPEX = CAPEX[CAPEX['CONJUNTO'] == nomeConjunto]

CAPEX = CAPEX[CAPEX['TIPO'] == "CAPEX"]

opex = pd.read_excel(nomePlanilha, sheet_name="CAPEX-OPEX")

opex = opex[opex['CONJUNTO'] == nomeConjunto]

opex = opex[opex['TIPO'] == "OPEX"]
```

```

ocorrencias = pd.read_excel(nomePlanilha, sheet_name="OCORRENCIAS")

ocorrencias = ocorrencias[ocorrencias['CONJUNTO'] == nomeConjunto]

faturamento = pd.read_excel(nomePlanilha, sheet_name="FATURAMENTO")

faturamento = faturamento[faturamento['CONJUNTO'] == nomeConjunto]

compensacao = pd.read_excel(nomePlanilha, sheet_name="COMPENSACAO")

compensacao = compensacao[compensacao['CONJUNTO'] == nomeConjunto]

poda = pd.read_excel(nomePlanilha, sheet_name="PODA")

poda = poda[poda['CONJUNTO'] == nomeConjunto]

colunaAno = dec["ANO"]

anoMax = colunaAno.max()

anoMin = colunaAno.min()

lista = []

for i in range(anoMin, anoMax):

    periodo = str(i)+"-"+str(i+1)

    valorDec = dec[dec['ANO'] == i]["VALOR"].max() - dec[dec['ANO'] ==
i+1]["VALOR"].max()

    valorFec = fec[fec['ANO'] == i]["VALOR"].max() - fec[fec['ANO'] ==
i+1]["VALOR"].max()

    valorCAPEX = CAPEX[CAPEX['ANO'] == i]["VALOR"].max() -
CAPEX[CAPEX['ANO'] == i+1]["VALOR"].max()

    valorOpex = opex[opex['ANO'] == i]["VALOR"].max() - opex[opex['ANO'] ==
i+1]["VALOR"].max()

```

valorCompensacao = compensacao[compensacao['ANO'] == i]["VALOR"].max() -
compensacao[compensacao['ANO'] == i+1]["VALOR"].max()

valorPoda = poda[poda['ANO'] == i]["VALOR"].max() - poda[poda['ANO'] ==
i+1]["VALOR"].max()

valorOcorrencia = ocorrencias[ocorrencias['ANO'] == i]["VALOR"].max() -
ocorrencias[ocorrencias['ANO'] == i+1]["VALOR"].max()

valorFaturamento = faturamento[faturamento['ANO'] == i]["VALORES
DIÁRIOS"].max() - faturamento[faturamento['ANO'] == i+1]["VALORES
DIÁRIOS"].max()

delta =
valorCAPEX+valorOpex+valorCompensacao+valorPoda+valorOcorrencia+valorFaturame
nto

decBruto = dec[dec['ANO'] == i+1]["VALOR"].max()

fecBruno = fec[fec['ANO'] == i+1]["VALOR"].max()

tabela = {

"CONJUNTO": nomeConjunto,

"PERÍODO": periodo,

"DEC": valorDec,

"FEC": valorFec,

"CAPEX": valorCAPEX,

"OPEX": valorOpex,

"COMPENSACAO FINANCEIRA": valorCompensacao,

"PODAS": valorPoda,

"ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS": valorOcorrencia,

"ENERGIA NAO FATURADA": valorFaturamento,

```

"DELTA": delta,

"ANO" : int(str(i+1)[-2:]),

"DEC BRUTO": decBruto,

"FEC BRUTO" : fecBruno

}

lista.append(tabela)

#declaracao de variavel

x = []

y_dec = []

y_receita = []

y_fec = []

for item in lista: #a função "append" insere o valor no final da lista

    y_receita.append(item["DELTA"]/100000)

    x.append(item["ANO"])

    y_dec.append(item["DEC BRUTO"])

    y_fec.append(item["FEC BRUTO"])

poly_receita = np.poly1d(np.polyfit(x,y_receita,3))

poly_dec = np.poly1d(np.polyfit(x,y_dec,3))

poly_fec = np.poly1d(np.polyfit(x,y_fec,3))

dataExcel = pd.DataFrame(lista) #transforma a lista calculada para o tipo excel

dataExcel.to_excel("RESULTADOS.xlsx", sheet_name="Resumo")

x_tempo = np.arange(float(str(anoMin)[-2:]) + 1,float(str(anoMax)[-2:]) + 2.01,0.01)

#float(str(anoMin)[-2:]) -> transforma 2016 em 16

```

```

#definir ponto de corte da receita no eixo y

chute_inicial = anoMax #define a regio pra encontrar o 0

y_zero = fsolve(poly_receita,chute_inicial) #define o ponto de cruzamento com o eixo y

#PLOT DAS CURVA RECEITA E DEC

plt.plot(x_tempo,poly_receita(x_tempo), label = "CURVA RECEITA PROJETADA",
color="b")

plt.plot(x_tempo,poly_dec(x_tempo), label = "CURVA DEC PROJETADA",
color="red")

plt.scatter(x,y_dec, label= "VALORES DE DEC", color = "brown")

plt.scatter(x,y_receita, label= "VALORES DE RECEITA", color = "darkblue")

#

plt.legend()

plt.title(nomeConjunto)

plt.xlabel("ANO (YY)")

#plt.ylabel("ANO (YY)")

print('FUNCAO RECEITA: \n' + str(poly_receita))

print('ANO: ' + str(y_zero))

print('FUNCAO DEC: \n' + str(poly_dec))

print('DEC LIMITE: ' + str(poly_dec(y_zero)))

plt.show()

#PLOT DAS CURVA RECEITA E FEC

plt2.plot(x_tempo,poly_receita(x_tempo), label = "CURVA RECEITA PROJETADA",
color="b")

```

```

plt2.plot(x_tempo,poly_fec(x_tempo), label = "CURVA FEC PROJETADA",
color="orange")

plt2.scatter(x,y_receita, label= "VALORES DE RECEITA", color = "darkblue")

plt2.scatter(x,y_fec, label= "VALORES DE FEC", color = "darkorange")

#

plt2.legend()

plt2.title(nomeConjunto)

plt2.xlabel("ANO (YY)")

#plt.ylabel("ANO (YY)")

print('FUNCAO RECEITA: \n' + str(poly_receita))

print('ANO: ' + str(y_zero))

print('FUNCAO FEC: \n' + str(poly_fec))

print('FEC LIMITE: ' + str(poly_fec(y_zero)))

plt2.show()

from typing import Text

import PySimpleGUI as sg

from PySimpleGUI.PySimpleGUI import WIN_CLOSED, Window, read_all_windows

from numpy.core.fromnumeric import size

import pandas as pd

from matplotlib.backends.backend_tkagg import FigureCanvasTkAgg

import numpy as np

from scipy.optimize import fsolve

from src.import_database import import_data, export_data

```

```
from src.main_code import main_program

import os

global data, dec, fec, CAPEX, opex, ocorrencias, faturamento, poda, compensacao,
cabecalho

conjunto = "

grau = None

dec = []

fec = []

ocorrencias = []

faturamento = []

poda = []

CAPEX = []

opex = []

compensacao = []

cabecalho = ['CONJUNTO',

             'ANO',

             'OCORRENCIAS',

             'GASTO COM ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS',

             'FATURAMENTO BRUTO',

             'VALOR ENERGIA NÃO FATURADA',

             'COMPENSACAO FINANCEIRA',

             'META DEC',

             'DEC',
```

```

        'META FEC',

        'FEC',

        'PODAS',

        'GASTO COM PODAS',

        'OPEX',

        'CAPEX']

data = np.array([cabecalho])

data_display = np.delete(data, 0, axis = 0)

def main_page():

    global insert_data_button_text1, insert_data_button_text2, insert_data_button_text3,
insert_data_button_text4, insert_data_button_text5

    insert_data_button_text1 = "Inserir Dados"

    insert_data_button_text2 = "Analisar"

    insert_data_button_text3 = "Limpar Dados"

    insert_data_button_text4 = "Carregar Dados"

    insert_data_button_text5 = "Exportar Dados"

    try:

        table = data_display.tolist()

    except:

        table = data_display

insert_data_layout = [

    [sg.Table(values = table,

              headings = cabecalho,

```

```

        auto_size_columns=False,

        col_widths=[13, 4, 11, 34, 18, 25, 20, 9, 4, 9, 4, 6, 16, 5, 6],

        justification = 'center')],

    [sg.Button(insert_data_button_text1), sg.Button(insert_data_button_text3)],

    [sg.T(insert_data_button_text4),          sg.Input(),          sg.FileBrowse(),
sg.Button(insert_data_button_text4)],

    [sg.T("Exportar:          "),          sg.Input(str(os.getcwd())+"\\database.csv"),
sg.Button(insert_data_button_text5)],

    [sg.Button(insert_data_button_text2, button_color='green')]

]

    return sg.Window('Dados', layout=insert_data_layout, finalize=True, resizable=True,
element_justification = 'center')

def form_page():

    global form_button_text1

    global form_button_text2

    form_button_text1 = "Salvar"

    form_button_text2 = "Cancelar"

    form_layout = [

        [sg.T("NOME DO CONJUNTO: ",size=(20,1)), sg.Input(), sg.T("ANO: ",
size=(10,1)), sg.Input()],

        [sg.Text("OCORRÊNCIA")],

        [sg.T("QUANTIDADE: ", size=(10,1)), sg.Input(), sg.T("GASTO COM
ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS: ", size=(40,1)), sg.Input()],

        [sg.Text("FATURAMENTO")],

```

```

    [sg.T("VALOR FATURAMENTO BRUTO: ", size=(30,1)), sg.Input(),
sg.T("VALOR ENERGIA NÃO FATURADA: ", size=(30,1)), sg.Input()],

    [sg.Text("COMPENSAÇÃO FINANCEIRA")],

    [sg.T("VALOR: ", size=(10,1)), sg.Input()],

    [sg.Text("DEC-FEC")],

    [sg.T("META DEC: ", size=(10,1)), sg.Input(), sg.T("DEC: ", size=(10,1)),
sg.Input(), sg.T("META FEC: ", size=(10,1)), sg.Input(), sg.T("FEC: ", size=(10,1)),
sg.Input()],

    [sg.Text("PODAS")],

    [sg.T("QUANTIDADE: ", size=(10,1)), sg.Input(), sg.T("GASTO: ", size=(10,1)),
sg.Input()],

    [sg.Text("CAPEX")],

    [sg.T("VALOR: ", size=(10,1)), sg.Input()],

    [sg.Text("OPEX")],

    [sg.T("VALOR: ", size=(10,1)), sg.Input()],

    [sg.Button(form_button_text1), sg.Button(form_button_text2)]

]

return sg.Window('Formulario', layout=form_layout, finalize=True)

def parameters_page():

    global parameters_page_text1, parameters_page_text2

    parameters_page_text1 = 'Iniciar'

    parameters_page_text2 = 'Voltar'

    lista_conjunto = []

    for i in data_display:

```

```

control = False

for j in lista_conjunto:

    if i[0] == j:

        control = True

        break

if not control:

    lista_conjunto.append(i[0])

if poly_receita != None:

    dec_limite = poly_dec(y_zero)

    fec_limite = poly_fec(y_zero)

    layout = [

        [sg.Text('SELECIONE UM CONJUNTO'), sg.Combo(lista_conjunto,
default_value=conjunto, size=(50, 1))],

        [sg.T('GRAU DO POLINÔMIO'), sg.Input(grauro, size=(2,1))],

        [sg.Button(parameters_page_text1),sg.Button(parameters_page_text2)],

        [sg.T('FUNÇÃO RECEITA:'), sg.T(poly_receita), sg.T('R2: '),
sg.T(np.round(r2_receita, 2)), sg.T('ANO:'), sg.T(np.round(y_zero, 2))],

        [sg.T('FUNÇÃO DEC:'), sg.T(poly_dec), sg.T('R2: '), sg.T(np.round(r2_dec, 2)),
sg.T("DEC LIMITE:"), sg.T(str(np.round(dec_limite, 2)))],

        [sg.T('FUNÇÃO FEC:'), sg.T(poly_fec), sg.T('R2: '), sg.T(np.round(r2_fec, 2)),
sg.T('FEC LIMITE:'), sg.T(str(np.round(fec_limite, 2)))],

        [sg.Table(resultados, headings=cabecalho, col_widths=[15, 10, 5, 5, 8, 8, 15, 10,
25, 25, 8, 8, 6, 10, 10, 10, 10], justification = 'center')],

        [sg.Canvas(key='figCanvas')]

```

```

    ]

else:

    layout = [

        [sg.Text('SELECIONE UM CONJUNTO'), sg.Combo(lista_conjunto, size=(50,
1))],

        [sg.T('GRAU DO POLINÔMIO'), sg.Input(size=(2,1))],

        [sg.Button(parameters_page_text1),sg.Button(parameters_page_text2)]

    ]

    return sg.Window('Importar', layout=layout, finalize=True, resizable=True,
element_justification='center')

    def draw_figure(canvas, figure):

        figure_canvas_agg = FigureCanvasTkAgg(figure, canvas)

        figure_canvas_agg.draw()

        figure_canvas_agg.get_tk_widget().pack(side='top', fill='both', expand=1)

        return figure_canvas_agg

if __name__ == "__main__":

    sg.change_look_and_feel('LightGrey1')#define o tema da interface

    janela_principal, janela_importar, janela_dados, pagina_formulario = main_page(),
None, None, None

    janela_parametros = {'window': None}

    poly_receita, poly_dec, poly_fec, plt, plt2, y_zero = None, None, None, None, None,
None

    while True:

        window, events, result = sg.read_all_windows()

```

```

if window == janela_principal and events == sg.WIN_CLOSED:

    break

if window == janela_principal and events == insert_data_button_text4:

    data = import_data(result['Browse'])

    data_display = np.delete(data, 0, axis = 0)

    janela_principal.close()

    janela_principal = main_page()

if window == janela_principal and events == insert_data_button_text5:

    export_data(data, result[2])

if window == janela_principal and events == insert_data_button_text3:

    data = np.array([cabecalho])

    data_display = np.delete(data, 0, axis = 0)

    janela_principal.close()

    janela_principal = main_page()

if window == janela_principal and events == insert_data_button_text1:

    pagina_formulario = form_page()

if window == pagina_formulario and events == form_button_text1:

    form_data = result.values()

    form_data = list(form_data)

    data = np.append(data, [form_data], axis = 0)

    data_display = np.append(data_display, [form_data], axis = 0)

    pagina_formulario.close()

    janela_principal.close()

```

```

janela_principal = main_page()

    if window == pagina_formulario and (events == form_button_text2 or
sg.WIN_CLOSED):

    pagina_formulario.close()

        if window == janela_principal and events == insert_data_button_text2:

janela_principal.hide()

janela_parametros['window'] = parameters_page()

        if window == janela_parametros['window'] and events ==
parameters_page_text1:

            #janela_parametros['window'].close()

conjunto = result[0]

grau = result[1]

poly_receita, poly_dec, poly_fec, plt, y_zero, r2_receita, r2_dec, r2_fec,
resultados, cabecalho = main_program(result[0], result[1], data)

janela_parametros['window'].close()

janela_parametros['window'] = parameters_page()

draw_figure(janela_parametros['window']['figCanvas'].TKCanvas, plt)

        if window == janela_parametros['window'] and (events ==
parameters_page_text2 or sg.WIN_CLOSED):

            janela_parametros['window'].close()

poly_receita, poly_dec, poly_fec, plt, plt2, y_zero = None, None, None, None,
None, None #limpa as variaveis

janela_principal.un_hide()

```