



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**“Modelo de Programação Matemática para Controle do
Crescimento da Vegetação sob Redes de Distribuição de
Energia Elétrica”**

Liliani Aparecida Valieri Apolinário

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Sanches Mantovani

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia - UNESP – Campus de Ilha
Solteira, para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Elétrica.
Área de Conhecimento: Automação.

Ilha Solteira - SP

Abril/2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

Apolinário, Liliani Aparecida Valieri.

A643m Modelo de programação matemática para controle do crescimento da vege-
tação sob redes de distribuição de energia elétrica / Liliani Aparecida Valieri
Apolinário. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2009.
175 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade
de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Automação, 2009

Orientador: José Roberto Sanches Mantovani

Bibliografia: p. 81-83

1. Manutenção da vegetação.
2. Energia elétrica - Distribuição.
3. Algoritmo genético de Chu-Beasley.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

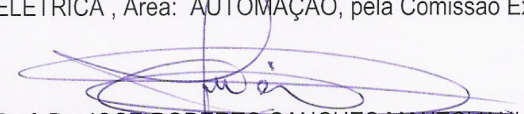


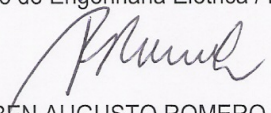
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

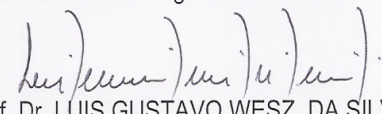
TÍTULO: Modelo de Programação Matemática para Controle do Crescimento da Vegetação sob Redes de Distribuição de Energia Elétrica

AUTORA: LILIANI APARECIDA VALIERI APOLINÁRIO
ORIENTADOR: Prof. Dr. JOSE ROBERTO SANCHES MANTOVANI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em ENGENHARIA ELÉTRICA, Área: AUTOMAÇÃO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOSE ROBERTO SANCHES MANTOVANI
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. RUBEN AUGUSTO ROMERO LAZARO
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. LUIS GUSTAVO WESZ DA SILVA
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Itumbiara

Data da realização: 06 de abril de 2009.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por todas as vezes que ELE segurou as minhas mãos para eu enfrentar todas as barreiras para concluir este trabalho. A Nossa Senhora Aparecida que sempre estendeu seu manto poderoso no meu caminho, para me iluminar e me proteger.

Aos meus queridos pais José e Madalena, e à minha irmã Jessica, pelo incondicional apoio, não só neste, mas em todos os projetos da minha vida, e por todos os esforços que já realizaram para que eu pudesse chegar onde estou. Muitíssimo obrigada. Obrigada por vocês existirem. Obrigada por depositarem em mim a confiança para todas as horas.

Ao meu namorado Antúlio, por todo apoio, companheirismo, incentivo neste trabalho, e principalmente pelo amor, carinho, amizade.

Ao meu orientador José Roberto Sanches Mantovani, por toda a competência, disposição e atenção a mim prestado em todos os momentos deste trabalho. E aos professores Rubén Augusto Romero Lazaro e Luis Gustavo Wesz da Silva pelas sugestões valiosas dadas a esta dissertação.

Aos meus colegas do Laboratório de Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica – LaPSEE, pela excelente relação pessoal que criamos e que espero que não se perca. Em especial ao Jesus, Benvindo, Mauricio, Juan, Lina, Mariza, André, Renan, Shiguelo pelo profissionalismo exemplar, pelo apoio em todos os momentos e pela amizade.

Aos meus queridos amigos Reginaldo, Raiane, Silvia, Ana Alice, Dani, pelo apoio, amizade, não posso esquecer os meus amigos que mesmo longe estiveram presente nesta etapa da minha vida, obrigada Régis, Isamara e Cássio.

Aos docentes e funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica e da seção de pós-graduação da FEIS/UNESP que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

Ao apoio financeiro da Capes – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, e da Fepisa – Fundação de Ensino, Pesquisa e Extensão de Ilha Solteira para a realização deste trabalho.

Resumo

Faltas permanentes em alimentadores de distribuição causam atuação do sistema de proteção interrompendo o fornecimento de energia elétrica aos consumidores. Um número considerável de faltas é ocasionado por animais e vegetação em contato com partes energizadas da linha.

A redução do número de desligamentos indevidos provocados pela vegetação pode ser obtida através de um criterioso programa de podas das árvores que estão sob os circuitos alimentadores. Nesta dissertação o problema de programação de podas de árvores sob a rede de distribuição é formulado como um modelo de programação não linear binária dinâmica.

Neste modelo busca-se a redução das taxas de faltas devido à vegetação e a alocação otimizada de recursos humanos e financeiros anuais disponíveis pelas empresas distribuidoras para manutenção da vegetação sob a rede, de modo a não violar a restrição de confiabilidade do sistema. O modelo matemático utiliza como parâmetro a taxa de faltas no alimentador devido à vegetação. Desta forma, foram propostas duas metodologias para determinar as taxas de faltas. Em uma dessas metodologias utiliza-se um modelo de crescimento da vegetação para determinar a taxa de falta, e na outra metodologia a taxa de falta é obtida diretamente dos dados históricos de interrupção do alimentador devido à vegetação, e não requer um segundo modelo para relacionar o crescimento da vegetação às taxas de falta. Para solução do modelo matemático é proposto um algoritmo genético dedicado de Chu-Beasley. A metodologia que utiliza a taxa de crescimento da vegetação foi testada em um sistema de distribuição teste composto por 15 alimentadores, e com diferentes tipos de vegetação sob os mesmos, em que deve ser realizado o planejamento anual de manutenção da vegetação. E a outra metodologia que não considera a taxa de crescimento da vegetação foi testada para um sistema real composto de 27 alimentadores urbanos de uma cidade de médio porte do interior do estado de São Paulo.

PALAVRAS CHAVE. Manutenção da Vegetação, Sistema de Distribuição, Algoritmo Genético de Chu-Beasley.

Abstract

Permanent outages in distribution feeders cause the action of the protection system, interrupting the electrical energy supply to the consumers. A considerable number of faults in distribution systems are due to animals and vegetation that come in contact with the overhead power lines.

The reduction of the number of faults, due to vegetation under the overhead power lines, can be achieved by means of an adequate vegetation maintenance scheduling. In this dissertation, the vegetation maintenance scheduling is formulated as a non-linear binary and dynamic programming model.

This model aims to reduce vegetation-related failure rates and to optimize annual human and financial resources available by electrical energy companies for vegetation maintenance, subject to the system reliability constraint. The vegetation-related failure rate is used as a parameter in the mathematical model. In this way, two methodologies for the vegetation-related failure rates were proposed. The first one utilizes a vegetation growth model to determine failure rates. In the second methodology, failure rates are gotten from historical interruption data that occur on the feeder due to vegetation. In this case, a second model to relate the growth of vegetation with a vegetation-related failure rate is not required. To solve the mathematical model a dedicated Chu-Beasley genetic algorithm is proposed. The first methodology was tested in a test distribution system with 15 sections and different vegetation types, under the circuit feeders where the annual vegetation maintenance scheduling must be found. The other methodology was tested in a real system composed of 27 urban feeders in a city inside the São Paulo's state (Brazil).

PALAVRAS CHAVE. Vegetation Maintenance, Distribution Systems, Chu-Beasley Genetic Algorithms.

Lista de Figuras

| | | |
|--------------------|--|----|
| Figura 2.1: | Poda Direcional (também chamada Poda Natural)..... | 25 |
| Figura 2.2: | Formas diferentes de crescimento das árvores devido à poda direcional..... | 25 |
| Figura 2.3: | Poda de rebaixamento..... | 26 |
| Figura 2.4: | Envassouramento provocado pela poda de rebaixamento..... | 26 |
| Figura 2.5: | Poda em “V”..... | 27 |
| Figura 2.6: | Rede de distribuição passando no meio da árvore..... | 28 |
| Figura 2.7: | (a)Túnel devido à poda em “V”, (b) poda em “V”..... | 29 |
| Figura.2.8: | (a)Poda executada de Afastamento Lateral (b)poda de afastamento lateral..... | 30 |
| Figura 3.1: | Modelos para obtenção de taxas de faltas devido à vegetação. (a)Utiliza modelo de crescimento das espécies e (b)Modelo direto..... | 34 |
| Figura 3.2: | Diagrama do Modelo de Taxa de Falta usando Rede Neural Artificial..... | 36 |
| Figura 4.1: | Esquema de Codificação..... | 47 |
| Figura 5.1: | Sistema teste..... | 51 |
| Figura 5.2: | AGCB. (a)Proposta de Solução, (b)Altura da Vegetação e (c)Tempo desde a última manutenção..... | 57 |
| Figura 5.3: | Técnica Heurística (a) Proposta de solução, (b) Altura da vegetação, (c) Tempo desde a última manutenção..... | 58 |
| Figura 5.4: | AGCB – Recursos Limitados. (a)Proposta de solução, (b)Altura da vegetação, (c)Tempo desde a última manutenção..... | 60 |
| Figura 5.5: | Sistema Real..... | 61 |

| | |
|---|----|
| Figura 5.6: FEC igual a zero. (a)Proposta de solução, (b)Tempo desde a última manutenção..... | 72 |
| Figura 5.7: FEC igual a 2. (a)Proposta de Solução, (b)Tempo desde a última manutenção.. | 73 |
| Figura 5.8: Aumento da ENS e FEC igual a 2. (a)Proposta de solução, (b)Tempo desde a última manutenção..... | 75 |
| Figura 5.9: Aumento da ENS e FEC igual a 0. (a)Proposta de Solução, (b) tempo desde a última manutenção..... | 77 |

Sumário

| | |
|--|----|
| 1. A Arborização e os Circuitos Elétricos de distribuição de Média Tensão (MT)..... | 11 |
| 2. Aspectos Gerais da Vegetação e sua Relação com o Serviço de Fornecimento de Energia Elétrica..... | 17 |
| 2.1. Como Planejar a Arborização Urbana..... | 18 |
| 2.1.1. Áreas Urbanas Desprovidas de Arborização e Energia Elétrica..... | 18 |
| 2.1.2. Compatibilização da Arborização Urbana com a Rede de Distribuição..... | 19 |
| 2.2. Como Escolher a Árvore Adequada..... | 20 |
| 2.3. Espécies Adequadas para as Cidades..... | 21 |
| 2.3.1. Algumas Espécies Adequadas ao Ambiente Urbano..... | 21 |
| 2.4. Tipos de Poda (Manutenção da Vegetação)..... | 23 |
| 2.4.1. Poda de Formação..... | 24 |
| 2.4.2. Poda de Conformação ou Contenção..... | 24 |
| 2.4.3. Poda de Limpeza ou Manutenção..... | 24 |
| 2.4.4. Poda Direcional ou Conduzida..... | 24 |
| 2.4.5. Poda de Correção..... | 25 |
| 2.4.6. Poda de Rebaixamento..... | 25 |
| 2.4.7. Poda Emergencial..... | 26 |
| 2.5. Modalidades de Poda..... | 27 |
| 2.6. Época de Poda..... | 30 |
| 3. Modelo Matemático..... | 32 |
| 3.1. Formulação Matemática do Modelo..... | 32 |
| 3.2. Relação entre Taxa de Faltas na Rede e a Vegetação..... | 33 |
| 3.2.1. Técnica para Estimativa da Taxa de Falta Baseada em Modelos de Dispersão Não Lineares..... | 37 |

| | |
|---|----|
| 3.3. Função Objetivo..... | 38 |
| 3.4. Recursos Financeiros Disponíveis..... | 40 |
| 3.5. Disponibilidade da Equipe..... | 41 |
| 3.6. Medidas de Confiabilidade de Sistemas de Distribuição..... | 42 |
| | |
| 4. Técnica de Solução..... | 43 |
| 4.1. Algoritmo Genético de Chu-Beasley..... | 43 |
| 4.1.1. População Inicial..... | 44 |
| 4.1.2. Seleção..... | 44 |
| 4.1.3. Recombinação..... | 45 |
| 4.1.4. Mutação..... | 45 |
| 4.1.5. Critério de Parada..... | 46 |
| 4.2. Algoritmo Genético de Chu-Beasley Dedicado..... | 46 |
| 4.2.1. Esquema de Codificação..... | 46 |
| 4.2.2. População Inicial..... | 47 |
| 4.2.3. Seleção..... | 47 |
| 4.2.4. Recombinação..... | 48 |
| 4.2.5. Mutação..... | 48 |
| 4.2.6. Substituição na População..... | 48 |
| 4.2.7. Critério de Parada..... | 49 |
| 4.2.8. O Algoritmo..... | 49 |
| | |
| 5. Testes e Resultados..... | 50 |
| 5.1. Sistema Teste..... | 50 |
| 5.1.1. Taxa de Falta com Taxa de Crescimento da Vegetação..... | 52 |
| 5.1.2. Função Objetivo..... | 53 |
| 5.1.3. Técnica Heurística..... | 54 |
| 5.1.4. Comparação dos Resultados Obtidos entre o Modelo Matemático e a Técnica Heurística..... | 55 |
| 5.1.5. Testes com vários Tipos de Vegetação..... | 58 |
| 5.1.6. Teste com Recursos Financeiros Limitado..... | 59 |
| 5.2. Sistema Real..... | 61 |
| 5.2.1. Equação de Taxa de Falta..... | 62 |

| | |
|--|-----|
| 5.2.2. Função Objetivo..... | 67 |
| 5.2.3. Resultados dos testes..... | 69 |
| 5.2.4. Aumento dos Custos da Energia não Suprida Estimada..... | 74 |
| 5. Considerações Finais..... | 78 |
| 6. Referência | 81 |
| Apêndice A – Dados dos Alimentadores do Sistema Real..... | 84 |
| Apêndice B – Dados da Subestação 1..... | 96 |
| Apêndice C – Dados da Subestação 3..... | 114 |
| Apêndice D – Dados da Subestação 4..... | 129 |
| Apêndice E – Dados da Subestação 5..... | 162 |

I – A Arborização e os Circuitos Elétricos de Distribuição de Média Tensão (MT)

A distribuição de energia elétrica nas cidades é um serviço essencial, assim como outros bens e serviços, tais como a manutenção das áreas verdes e arborização, abastecimento de água, telefonia, limpeza urbana, iluminação pública. Da mesma forma que o fornecimento de energia elétrica com qualidade e confiabilidade contribui de maneira decisiva para o desenvolvimento social e econômico de uma comunidade, a arborização urbana constitui elemento de suma importância para a obtenção de níveis satisfatórios de qualidade de vida para os seres humanos. Dentre vários aspectos positivos da arborização nas cidades, destaca-se a importância das árvores como filtro ambiental, reduzindo os níveis de poluição do ar através da fotossíntese; a mitigação da poluição sonora pelos obstáculos que oferece à propagação das ondas sonoras; equilíbrio da temperatura ambiente graças à sua sombra e evapotranspiração que realiza; a redução da velocidade dos ventos; contribui para a diminuição da velocidade e escoamento das águas pluviais seja pela presença de folhagem na copa ou pelas áreas não impermeabilizadas ao redor da árvore; fornece abrigo e alimentação para a avifauna urbana e, sobretudo, a harmonia paisagística e ambiental do espaço urbano. (OLIVEIRA, 1996).

Nas cidades das regiões tropicais como do Brasil, esta necessidade é muito mais premente. A presença de áreas verdes ameniza a alta temperatura do verão pela retirada do calor através da evapotranspiração das plantas, bem como pelo sombreamento que proporciona nos passeios e calçadas das vias públicas. A relação entre arborização e infraestrutura urbana vem, em boa parte dos casos, sendo processada de modo conflitante em razão ao plantio de espécies arbóreas de grande porte nas calçadas, dificultando o convívio entre as vegetações e as redes de distribuição, gerando problema para manter a confiabilidade das redes de distribuição. A questão da coexistência harmoniosa da arborização urbana e estruturas de distribuição de energia elétrica tem sido uma das grandes metas das prefeituras e

concessionárias de energia elétrica, visando contribuir para a adequação da arborização existente, o planejamento da arborização futura e também reduzindo as faltas no sistema elétrico devido à vegetação.

As árvores urbanas devem conviver com uma variedade de estruturas construídas pelo homem, tanto acima como abaixo do nível do solo urbano. Frequentemente precisam competir por espaços com redes aéreas de distribuição de eletricidade, mas as árvores também podem conflitar com a iluminação pública, edificações, calçadas, estradas, outras servidões de serviços públicos e redes de distribuição subterrânea de serviços públicos. Preferencialmente, a melhor maneira de se maximizar os diversos benefícios proporcionados pelas árvores é plantá-las onde não ultrapassem o espaço disponível para elas. Porém, árvores que ameaçam a integridade de serviços de utilidades pública ou outras infra-estruturas essenciais devem ser podadas ou removidas.

A arborização implantada de forma mal planejada ou mal conduzida pode proporcionar além dos danos à rede elétrica, a perda de eficiência da iluminação pública, danos em calçadas, redes de água, esgoto o entupimento de calhas e bueiros, danos aos muros e telhados, obstrução de placas de orientação, além de dificuldade à passagem de veículos e pedestres. (COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO-CESP, 1995).

Com relação a problemas ligados ao sistema elétrico, pode-se destacar perda de eficiência da iluminação pública; interrupções no fornecimento de energia; curto-circuito em redes de distribuição aérea e o rompimento de cabos condutores. Para contornar estes problemas recomenda-se que sob redes elétricas devem ser plantadas árvores e/ou arbustos de pequeno porte, como forma de prevenir e/ou eliminar a interferência dos galhos nas redes.

A escolha da espécie adequada envolve uma série de fatores específicos como isolamento, vento, embelezamento, pragas, tamanho, forma e resistência das folhas, coloração das folhas e flores, tamanho e forma da copa, sistema radicular e ausência de princípios tóxicos ou alérgicos. Não é recomendável o plantio de árvores frutíferas comercial em vias públicas, porém é desejável o plantio de frutíferas silvestres, pois atraem e alimentam pássaros. Mas como não é permitido eliminar as árvores de médio e grande porte que já se encontram sob o condutor, então a solução adotada, de caráter paliativo, tem sido a execução de podas de contenção de copas. Essa atividade, porém, vai pouco a pouco apresentando resultados menos eficientes e além de acarretar prejuízos fitossanitários e estéticos. Assim, é necessário que o plantio de árvores nas cidades seja planejado.

Programas de poda de árvores junto a rede elétrica e outros serviços de utilidade pública são necessários para se garantir a segurança e confiabilidade no fornecimento de

serviços vitais, tais como eletricidade e outros serviços públicos, bem como para proteger vias de circulação e estradas, calçadas, iluminação pública e semafórica, sinalização, edificação, dutos de gás e outras servidões. Porém, arboristas de serviços públicos devem reconhecer que na maioria dos casos, as árvores e florestas urbanas proporcionam valorização a propriedade e elevam a qualidade de vida de diversas maneiras. As podas realizadas de forma aleatória e sem emprego de técnicas adequadas, acabam por induzir ao crescimento desordenado e acelerado das espécies, produzindo o efeito denominado “envassouramento” (ramos que brotam intensamente após a poda severa ou incorreta de um ramo ou tronco, este tipo de brotação compromete o desenvolvimento da árvore). Este efeito define com propriedade o quanto é falso a noção de que “quanto maior a poda, maior o tempo para que a árvore alcance a fiação”. Esta atuação somente traz conseqüências nocivas, não só as árvores, mas também à rede elétrica e a todo o espaço urbano. As árvores devem ser cortadas de maneira a manter uma distância mínima entre o condutor elétrico e a extremidade da vegetação, que constitui o chamado “limite de segurança”. Dada a importância da vegetação urbana para a qualidade de vida da população e a preservação do meio ambiente, os programas de manutenção da vegetação de médio e grande porte sob a rede elétrica devem ser realizados respeitando-se as normas do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente).

O programa atual de manutenção da vegetação em espaços urbanos sob as redes de distribuição baseia-se numa inspeção externa visual para diagnosticar as características dendrométricas (altura, diâmetro da copa, diâmetro do tronco) das árvores. Se a altura da vegetação for maior que a máxima permitida, então é executada a manutenção da vegetação, caso contrário nenhum procedimento é realizado. Este tipo de programa com base apenas na inspeção visual pode levar a resultados satisfatórios, mas de qualidade inferior sob os aspectos da melhoria otimizada da confiabilidade da rede e da alocação de recursos disponíveis pelas empresas para este tipo de atividade. Constitui-se, dessa forma, em elemento de suma importância para a redução de custos da manutenção da vegetação sob o sistema elétrico não só o plantio de árvores adequadas ao convívio com a rede, mas também a adoção de procedimentos otimizados corretos obtidos através de um modelo matemático sistemático em que as atividades de manutenção são realizadas em períodos do ano adequados para conservação de árvores de grande porte remanescente sob a fiação elétrica.

Árvores se enroscando em componentes de serviços públicos podem apresentar riscos significativos. Por exemplo, queda de galhos ou árvores pode romper condutores elétricos de alta tensão, aumentando o risco de incêndio ou lesões em seres humanos. Vegetação densa pode ocultar redes elétricas, pondo em riscos crianças que sobem nas árvores, ou pode

umentar a probabilidade de contatos acidentais. O crescimento das árvores pode também obstruir a iluminação pública ou a visibilidade ao longo de rodovias, aumentando o perigo de acidentes entre veículos. Apesar dos programas de podas junto a redes elétricas não poderem garantir a segurança pública, eles podem reduzir de forma geral o risco de acidentes. As interrupções no sistema elétrico devido à vegetação podem variar de uma interrupção momentânea, onde é necessário atualizar a hora do relógio digital até uma interrupção contínua, o dia de produção de uma empresa é perdido. Para manter a continuidade do serviço de fornecimento de energia elétrica, a manutenção da vegetação é uma importante atividade para obter um bom desempenho do sistema de distribuição. (KUNTZ; CHRISIE; VENKATA, 2002).

Na literatura, encontram-se poucos trabalhos relacionados com o tema desenvolvimento de ferramentas matemáticas para serem usadas como ferramentas para auxílio do planejamento de podas e manutenção das vegetações existentes sob as redes elétricas. Em (KUNTZ; CHRISIE; VENKATA, 2002) propõe-se um modelo matemático implementado em um sistema computacional que permite simular o problema de manutenção da vegetação sob as redes de distribuição e estabelecer um programa que se determina o local e o período ótimo para executar a manutenção da vegetação sob o sistema de distribuição. O programa de manutenção da vegetação é formulado como um problema de otimização combinatória que considera diferentes funções objetivo. A maior dificuldade para modelar a interferência das diferentes espécies de vegetação nos índices de confiabilidade do sistema elétrico está em estabelecer uma relação entre as taxas de faltas e o crescimento da vegetação sob a rede. Neste trabalho os autores propõem um modelo da taxa de falta para desligamento permanente que é uma extensão do modelo de taxa de falta rede neural desenvolvido em (RADMER et al., 2003). Este modelo de rede neural busca uma relação entre o crescimento da vegetação e as interrupções devido à vegetação sob a rede para determinar os índices de taxas de falta permanentes. Desta forma evita-se o uso de modelos que utilizam as relações diretas entre as taxas de crescimento das diferentes espécies e as taxas de interrupções do serviço de fornecimento de energia elétrica.

Neste trabalho propõe-se um modelo matemático de programação dinâmica para o problema de planejamento otimizado de manutenção de podas de árvores sob a rede de distribuição de energia elétrica. A função objetivo deste modelo contempla a redução dos custos de energia não distribuída devido à interferência da vegetação na rede e redução com os custos de mão de obra das equipes de manutenção. Considera-se um período de planejamento de um ano dividido nas quatro estações do ano. A solução deste modelo deve

fornecer como resultado onde e quando deve ser realizada a manutenção da vegetação sob a rede visando a melhoria dos índices de confiabilidade da rede e a alocação otimizada dos recursos humanos e financeiros disponíveis. Para resolução desse problema é proposto o emprego de Algoritmo Genético de Chu-Beasley (AGCB), o qual utiliza como esquema de codificação da estrutura cromossômica números binários. É gerada aleatoriamente uma população inicial capaz de evoluir com a aplicação dos operadores genéticos (Seleção, Recombinação e Mutação) propiciando o surgimento de configurações que levam às possíveis soluções ótimas do problema. Cada configuração é avaliada através da função objetivo. Os parâmetros de controle adotados (Tamanho da População, Número de Gerações, Taxas de Recombinação e Mutação) foram escolhidos levando em conta o tamanho do sistema. O processo é considerado convergido depois que foi executado um número determinado de gerações.

Para testar a eficiência dos modelos e das técnicas de solução propostas para o problema de manutenção de vegetação sob redes primárias de distribuição apresentam-se resultados para um sistema de distribuição teste e para um sistema real de uma cidade de médio porte do interior do estado de São Paulo.

Esta dissertação está organizado em seis capítulos. Neste capítulo introdutório foram abordados os principais aspectos envolvidos no problema de planejamento e controle da vegetação sob a rede de distribuição de média tensão (MT), e os objetivos deste trabalho.

No *Capítulo II* são descritas as diretrizes que devem ser seguidas no planejamento da arborização urbana, a compatibilização da arborização urbana com a rede de distribuição de energia elétrica, as espécies de árvores que são adequadas para serem plantadas nas cidades, tipo de podas da vegetação e época recomendada para ser realizada a manutenção da vegetação urbana.

No *Capítulo III* apresentam-se as diretrizes adotadas na obtenção do modelo de programação não linear binária dinâmica, proposto neste trabalho para o problema de controle do crescimento da vegetação sob redes de distribuição de energia elétrica. Efetuam-se também neste capítulo análises prática e teórica dos dados da vegetação sob uma rede de distribuição de médio porte com vista a estabelecer a correlação entre os índices de confiabilidade dos alimentadores, o programa de manutenção da vegetação adotado pela empresa distribuidora e as espécies de vegetação sob a rede de distribuição. A formulação adotada é constituída por uma função custo da manutenção da vegetação e custo da energia não suprida (ENS).

No *Capítulo IV* detalha-se a estrutura do algoritmo genético proposto para a solução do problema de manutenção da vegetação sob a rede de distribuição de energia elétrica –

esquema de codificação, avaliação da função de adaptação, mecanismos de recombinação e mutação e sistema de seleção dos indivíduos.

No *Capítulo V* apresentam-se os resultados obtidos com testes efetuados para um sistema de distribuição teste e para o sistema real de médio porte.

No *Capítulo VI* conclui-se o trabalho, comentando o estudo desenvolvido, alguns resultados obtidos e propostas para trabalhos futuros.

II – Aspectos Gerais da Vegetação e sua Relação com o Serviço de Fornecimento de Energia Elétrica

A falta de planejamento das cidades é um dos maiores problemas para adequada arborização urbana. Assim, as árvores quando adultas atinge e danifica a pavimentação, eletrificação, rede de água e esgoto, muros de residência, calçadas, entre outros. Desta forma a situação mais freqüente em áreas urbanas é a presença de espécies arbóreas inadequadas para a convivência com as redes elétricas e impróprias para passeio urbano. Esta situação exige do município e da concessionária de energia elétrica dedicação especial na realização de podas periódicas, pois estas, quando conduzidas de forma inadequada, podem comprometer a sanidade e a estética das árvores.

A maioria dos manuais de arborização urbana e das normas de construção de rede de distribuição de energia elétrica recomenda que a rede elétrica e a arborização ocupem lados distintos das vias públicas e que a arborização dos espaços públicos e privados leve em consideração as condições físicas e espaciais disponíveis. Mas na realidade não é isso que acontece, em um rápido passeio nas cidades, pode-se verificar que essas recomendações são pouco observadas na prática. Em geral, a arborização e as redes elétricas estão em ambos os lados das vias publicas, convivendo com espécies nem sempre adequadas.

Nem todas as espécies exuberantes pela formação da sua copa ou pela ocorrência de flores podem ser plantadas em vias públicas. As espécies de porte alto devem ser plantadas em praças, jardins, canteiros centrais e parques, observando sempre a compatibilização com o sistema elétrico e outros serviços públicos. As espécies adequadas para a arborização urbana devem ser escolhidas baseadas em critérios técnicos. Outra recomendação comumente não observada é que propõe o plantio de espécies de pequeno porte sob as redes elétricas.

2.1 Como Planejar a Arborização Urbana

O planejamento adequado da arborização e das redes elétricas deve contribuir para a melhoria dessa convivência no meio urbano. Isso, no entanto, requer o reconhecimento da realidade local, ou seja, dos padrões urbanísticos, culturais e biológicos predominantes. O padrão urbanístico adotado na maioria das cidades é que em ambos os lados das vias públicas, as árvores de médio e grande porte disputam espaço com redes elétricas. Dessa maneira, faz-se necessário implementar soluções gerenciais e tecnológicas compatíveis com a realidade de cada cidade, com os espaços restritos e, particularmente, com a presença majoritária de espécies arbóreas de médio e grande porte.

O planejamento da arborização no meio urbano deve considerar também demais elementos da infra-estrutura das cidades (rede de água, esgoto e rede elétrica), além do espaço físico disponível (tráfego, largura de ruas, tipo de solo e características ambientais) e da análise da vegetação da região.

2.1.1 Áreas Urbanas Desprovidas de Arborização e Energia Elétrica

Ao se planejar a arborização urbana deve-se levar em consideração a iluminação solar, pois, assim, é possível minimizar o gasto de energia elétrica durante o dia, aumentando o aproveitamento dos raios solares na iluminação e os benefícios do sombreamento que protege as fachadas voltadas para o poente.

Com essa finalidade, propõe-se um modelo padrão de arborização, para ruas com largura inferior a 20 metros, o qual deve seguir algumas recomendações como:

- Implantar a rede de energia elétrica aérea nas calçadas norte e oeste, podendo utilizar sob a rede, árvores de pequeno porte;
- Livrar as calçadas sul e leste para o plantio de árvores de maior porte (médio e grande), levando em conta as dimensões da via pública, tendo como finalidade a valorização do paisagismo local e o sombreamento das ruas.

Com este modelo, o espaço destinado à arborização e aos demais serviços urbanos é aproveitado da melhor maneira, visando o conforto ambiental (iluminação e ventilação dos logradouros) e o bem estar da comunidade. Com a elaboração de um planejamento, é possível evitar a interferência da vegetação nos serviços públicos gerando apenas os benefícios propiciados por plantios adequados.

É importante ressaltar que, ao se planejar a arborização no meio urbano, é preciso que alguns aspectos sejam contemplados e analisados, tais como:

- **Vegetação:** é importante conhecer o tipo de vegetação existente na região, tanto nos arredores da cidade como no próprio meio urbano, pois as espécies de vegetação nativa já estão adaptadas às condições de clima e solo, que favorecem o seu desenvolvimento. Sua utilização permite preservar os referenciais ecológicos e paisagísticos de cada região.
- **Local:** deve-se realizar um levantamento das áreas a serem arborizadas, com o objetivo de caracterizar o local quanto ao tipo de tráfego, largura das ruas, tipo de serviço público (saneamento, sistema elétrico, etc.), sinalização, edificações, tipo de solo e demais características ambientais. Com isso, será possível compatibilizar a prática da arborização urbana com os demais componentes do meio ambiente.
- **Comunidade:** é essencial a conscientização da comunidade sobre a preservação, proteção e importância das árvores.

É importante salientar que a responsabilidade pela implementação e manejo da arborização pública é das prefeituras municipais, que para isso devem elaborar seus planos diretores de arborização urbana. Através de parcerias, estes planos podem ser desenvolvidos com o apoio de empresas prestadoras de serviços públicos e privados. A população também é responsável pela arborização e deve ser convocada a colaborar para a preservação desse patrimônio público.

2.1.2 Compatibilização da Arborização Urbana com a Rede de Distribuição

Alguns aspectos relativos às características dos passeios públicos devem ser considerados para os projetos de arborização urbana. Dentre esses aspectos destacam-se:

- **Ruas e calçadas estreitas:** A arborização nesta situação não é aconselhável, principalmente se a rede de energia elétrica for aérea e se não houver espaçamento entre a edificação e a calçada. Caso ocorra espaçamento entre os componentes citados, pode-se plantar na calçada do lado oposto à rede de energia, uma árvore de pequeno porte que apresente copa estreita (colunar ou flabeliforme).

- **Ruas Estreitas com calçadas largas:** Podem-se plantar espécies de pequeno e médio porte na calçada oposta à rede elétrica. Sob a fiação elétrica, deve-se plantar somente árvores de pequeno porte, alternando a posição em função das espécies plantadas do outro lado da rua. A copa das árvores sob a fiação deve ser estreita, podendo ser do tipo cônica, elíptica, globosa ou flabeliforme.
- **Ruas largas com calçadas estreitas:** As árvores podem ser plantadas apenas na calçada quando não tiver fiação elétrica. Caso não haja espaçamento entre a edificação e a calçada, o plantio poderá ser feito 50 cm fora da calçada. Neste caso, faz-se uso de espécies de pequeno e médio porte, podendo ser as copas de forma colunar, cônica, elíptica, globosa, flabeliforme ou caliciforme. Se houver espaço entre a calçada e a edificação, o plantio deverá ser feito na própria calçada, porém utilizando-se apenas espécies de pequeno porte. Sob a fiação, deve-se plantar somente árvores de pequeno porte, alternando a posição em função das espécies plantadas do outro lado da rua.
- **Ruas largas com calçadas largas:** Na calçada com presença de postes de fiação elétrica deve-se plantar apenas espécies de pequeno porte. Já na calçada oposta (sem fiação), o plantio poderá ser com espécie de médio porte.

2.2 Como Escolher a Árvore Adequada

A diversidade florística da vegetação é um aspecto essencial quando se trata de arborização, pois mantém as características da vegetação nativa, além de evitar o ataque de pragas e doenças. Daí, a importância de se saber que árvore plantar, de acordo com as espécies que ocorrem na região. Na maioria das cidades, as árvores que se encontram em vias públicas e passeios são inadequadas, pois não apresentam características convenientes ao local e muitas vezes não são atendidas as suas exigências biológicas, como as relacionadas com o solo, água, luz e ambiente local.

Para escolher a árvore adequada, deve-se considerar que a espécie:

- Esteja adaptada ao clima do local;
- Seja nativa da região;
- Tenha raízes profundas – sistema radicular adequado;
- Possua porte adequado ao espaço disponível;
- Apresente tronco único e copa bem definida;

- Apresente rusticidade;
- Produza frutos pequenos e silvestres, ou seja, frutos que não sejam comerciais;
- Produza flores pequenas, pouco suculentas e com cores vivas;
- Tenha folhas preferencialmente pequena e não coriáceas (duras);
- Tenha desenvolvimento rápido;
- Não apresente princípios tóxicos acentuados, ou seja, de baixa toxicidade;
- Não apresente princípios alérgicos;
- Não possua espinhos.

Devem-se evitar espécies que necessitem de poda freqüente, que tenham tronco frágil, caule e ramos quebradiços, que sejam suscetíveis a ataques de pragas (brocas, cupins, cochonilhas, etc.) e doenças.

2.3 Espécies Recomendadas para as Cidades

A escolha da espécie adequada envolve uma série de fatores específicos como insolação, vento, beleza, pragas, tamanho, forma e resistência das folhas, queda das folhas, coloração das flores, frutos, tamanho e forma das copas, sistema radicular e ausência de princípios tóxicos ou alérgicos. Não é recomendável o plantio de árvores frutíferas comerciais nas vias públicas, porém é desejável o plantio de frutas silvestres, pois atraem e alimentam pássaros. As árvores de crescimento rápido são mais apropriadas às cidades, porque quanto mais rápido o seu desenvolvimento e chegar à idade adulta, menos sujeita a atos de vandalismo.

Deve-se lembrar que as espécies de grande porte, com altura superior a 6 metros, não são recomendadas para a arborização de ruas, sendo mais adequadas aos locais de visitação pública como bosques, praças, e áreas abertas.

2.3.1 Algumas Espécies Adequadas ao Ambiente Urbano

Na execução do serviço de arborização urbana algumas recomendações básicas devem ser obedecidas. Deve-se obedecer ao espaçamento mínimo recomendado entre as plantas e a adaptação da espécie ao clima, com vistas a proporcionar melhores condições ao seu desenvolvimento. Além disso, é importante o plantio de espécies diferenciadas por quadras e para cada lado da rua, de forma a dificultar a propagação de pragas e doenças. Também se recomenda dar preferência às árvores nativas da região, que já estão naturalmente adaptadas ao habitat local.

A seguir apresenta-se uma relação de algumas espécies indicadas para o plantio em calçadas:

(a) *Thevetia peruviana*

Nome popular: chapéu-de-napoleão.

Família: Apocynaceae.

Árvore de 4-5 metros de altura. É dotada de copa semidecídua e pouco florífera. Multiplica-se por sementes.

(b) *Bauhinia forficata*

Nome popular: pata-de-vaca-da-mata, unha-de-vaca-da-mata.

Família: Caesalpinaceae.

Árvore de 4-6 metros de altura, espinhenta, florífera, nativa do Brasil. É dotada de copa rala, semidecídua e de forma irregular. Para melhor conformação da copa deve ser realizada a poda conduzida adequadamente na fase juvenil.

(c) *Caesalpinia pulcherrima*

Nome popular: flamboianzinho, barba-de-barata.

Família: Caesalpinaceae (Leguminosae - caesalpinoideae).

O flamboianzinho é um arbusto ou arvoreta perene, de rápido crescimento, pode ser plantado em vasos grandes e calçadas, podendo alcançar 3 a 4 metros de altura. Existem variedades com flores vermelhas, amarelas e lilás.

(d) *Senna bicapsularis*

Nome popular: canudo-de-pito, aleluia.

Família: Caesalpinaceae (Leguminosae - caesalpinoideae).

Arbusto muito florífero, ramificado, nativo do Brasil, que pode ser conduzido na fase juvenil para adquirir a forma de uma arvoreta de 3-4 metros de altura. Copa globosa, pequena, perenifólia e densa.

(e) *Lagerstroemia indica*

Nome popular: resedá, estremosa.

Família: Lythraceae.

Árvore de 4-8 metros de altura, muito florífera, decídua. É dotada de copa rala e arredondada, com tronco retorcido, havendo variedades de flores róseas, brancas e lilases. Multiplica-se por estacas.

(f) *Hibicus rosa-sinensis*

Nome popular: mimo-de-vênus, hibisco.

Família: Malvaceae.

Arbusto ou arvoreta de casca fibrosa, de 3-4 metros de altura, florífera, perenifólia. Possui copa irregular, porém pode ser conduzida para adquirir forma globosa. Existem variedades com flores das mais diferentes cores.

(g) *Callistemon viminalis*

Nome popular: escova-de-garrafa.

Família: Myrtaceae.

Árvore de 4-5 metros de altura, florífera. Copa mais ou menos globosa, com ramos pendentes, de folhagem perene com forte aroma de eucalipto. Multiplica-se por sementes.

(h) *Ligustrum sinense*

Nome popular: alfeneiro-da-china, lugustro-chinês.

Família: Oleaceae.

Árvore de 3-5 metros de altura, pouco florífera. Possui copa arredondada baixa. Multiplica-se por sementes.

2.4 Tipos de Poda (Manutenção da Vegetação)

Poda é o ato de cortar, aparar e desbastar as plantas. É uma operação cultural em árvores ornamentais, visando corrigir o seu desenvolvimento. A poda nunca visa impedir o crescimento. (VELASCO, 2003).

As podas programadas visam conduzir a vegetação de modo a manter a harmonia com a rede elétrica, para tal, deve ser executada com o acompanhamento técnico de Engenheiro Agrônomo ou Florestal. (COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ - CPFL, 2003).

2.4.1 Poda de Formação

É o processo de se conduzir o processo de arborização de áreas desde a semeadura, a fim de obter uma árvore com equilíbrio e forma adequada ao local de seu plantio definitivo.

2.4.2 Poda de Conformação ou Contenção

Visa manter a copa da árvore sob controle. Consiste no desponte das extremidades dos ramos e eliminação dos que reclinam. É também conhecida como poda ornamental.

2.4.3 Poda de Limpeza ou Manutenção

São retirados os galhos doentes ou mortos que perderam sua função na copa da árvore. Não é frequentemente executada pelas concessionárias, mas pode ser executada por ocasião das podas de segurança visando manter o equilíbrio da árvore.

2.4.4 Poda Direcional ou Conduzida

A poda direcional pode ser obtida pelo corte de galhos indesejáveis junto a ramos laterais ou ramos de origem que crescem em direção aos equipamentos ou instalações (Figura 2.1), por exemplo, rede elétrica, iluminação pública, placas de sinalização, etc. Esses ramos laterais devem apresentar dimensões suficientes para assumirem o papel de dominante e assim inibir o crescimento de brotação indesejável. A poda direcional é mais eficaz quando as características naturais das árvores tais como o tamanho, forma e taxa de crescimento esperada são levados em consideração. É importante também compreender os efeitos de outros fatores, tais como a dominância apical na resposta das árvores à poda. A dominância apical é a inibição de gemas laterais (localizadas ao longo dos galhos) por gemas terminais (localizadas no ápice dos galhos). Quando as gemas terminais são removidas, a dominância apical é reduzida. Como resposta, a árvore rebrota de forma vigorosa a partir de gemas laterais, razão pela qual respondem com a brotação intensa quando são intensamente rebaixadas. A poda direcional busca manter o máximo possível de gemas apicais, acarretando menor brotação vigorosa de gemas laterais.

Os efeitos das podas direcionais na forma da árvore dependem do hábito de crescimento natural da espécie e de sua localização em relação ao objetivo da poda – estrutura

a ser protegida. Árvores que se desenvolvem diretamente abaixo das estruturas assumem uma forma diferente daquelas que crescem ao lado das estruturas (Figura 2.2). A remoção de galhos que crescem acima das estruturas pode ou não ser apropriada, dependendo do tipo de instalação ou estrutura, a espécie de árvore e as condições do local.

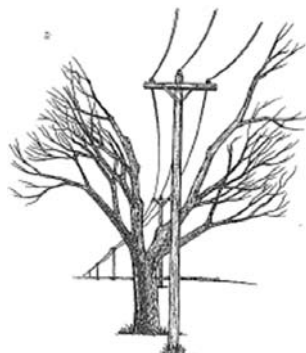


Figura 2.1: Poda direcional (também chamada Poda Natural).

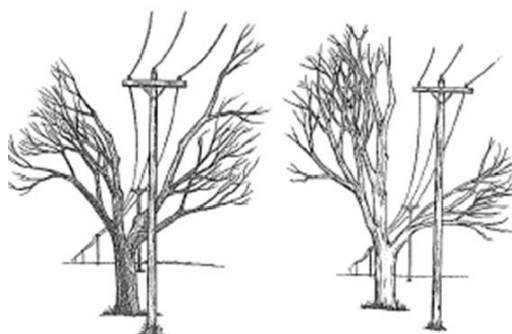


Figura 2.2: Formas diferentes de crescimento das árvores devido a poda direcional.

2.4.5 Poda de Correção

Devido à existência em vias públicas de muitas árvores que foram plantadas inadequadamente, há necessidade de recorrer a este tipo de poda. Esse procedimento inibe o processo de desenvolvimento natural da árvore e a descaracteriza na sua estética, sendo o mais indicado a substituição dessa espécie por outra mais adequada a tal situação.

2.4.6 Poda de Rebaixamento

O arredondamento é uma prática atualmente condenada de se retirar aleatoriamente galhos em toda a copa das árvores (Figura 2.3). Nessa prática, diversos cortes são realizados entre ramos laterais, em vez de realizados junto aos ramos laterais. Essa prática, que já foi

amplamente utilizada, hoje em dia é considerada inaceitável em virtude dos danos severos que causam às árvores e por estimular uma brotação de rápido crescimento.

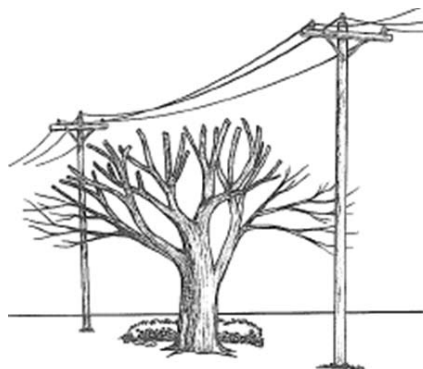


Figura 2.3: Poda de rebaixamento.

Este tipo de poda faz com que as árvores cresçam vigorosamente (Figura 2.4) após serem arredondadas ou sofrerem podas de grande intensidade e produzem ramos de crescimento rápido, geralmente de volta à área onde são indesejáveis. Além disso, essa prática reduz a energia armazenada na árvore, enfraquece as árvores e aumenta a suscetibilidade ao ataque de insetos, doenças, e quedas.

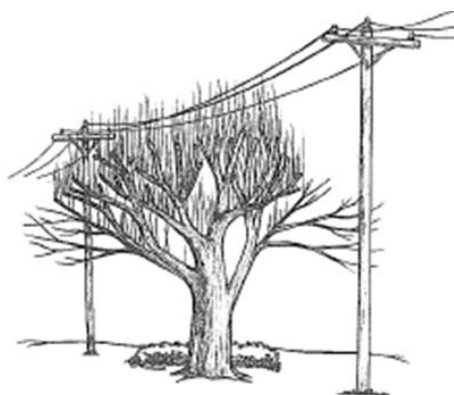


Figura 2.4: Envassouramento provocado pela poda de rebaixamento.

2.4.7 Poda Emergencial

Consiste na poda de galhos que estão tocando a rede, ou na eminência de tocá-la, fazendo com que os condutores atravessem livremente a copa da árvore. Este tipo de poda é desaconselhável e normalmente é feita visando somente restabelecer o fornecimento de energia elétrica, deixando muito a desejar esteticamente pela abertura que fica na copa em forma de “V” ou “I”, fazendo-se uma poda de conformação da copa da árvore mantendo um

distanciamento mínimo de 2 metros, entre esta e a rede elétrica. Logo que possível a poda deverá ser completada em toda a sua copa.

A seguir exemplificam-se algumas situações e soluções como resultado deste tipo de poda de árvores sob a rede elétrica.

2.5 . Modalidades de Poda

A seguir apresentam-se algumas modalidades de podas adotadas pelas prefeituras e empresas distribuidoras.

Poda em V/U – trata-se de um tipo de poda que, usualmente, é realizada de forma drástica ou severa, devido ao grande contato com as redes de distribuição aérea, comprometendo a confiabilidade do fornecimento de energia elétrica. Quando é realizada em espécie adulta esta poda é bastante traumática, podendo desequilibrar a árvore, entretanto se for bem planejada não danifica a árvore.

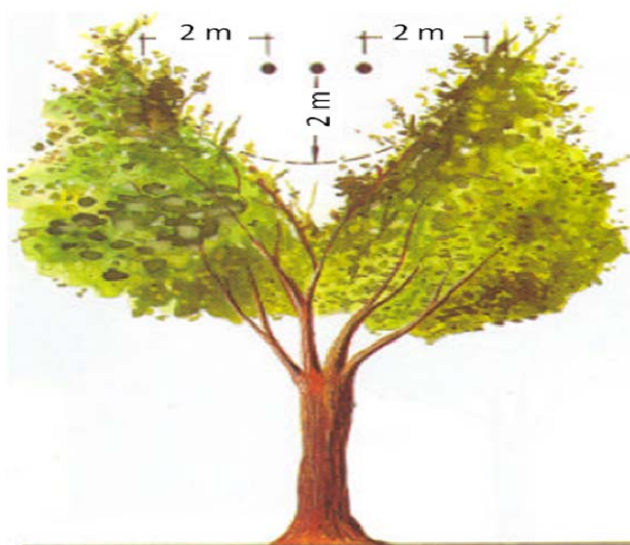


Figura 2.5: Poda em “V”.

Como consequência deste tipo de poda, a copa se recompõe fechando por sobre a fiação, formando uma zona de sombreamento onde há brotações, resultando no espaço por onde passará a rede elétrica. Na Figura 2.6 ilustra-se este tipo de situação que ocorre na prática.

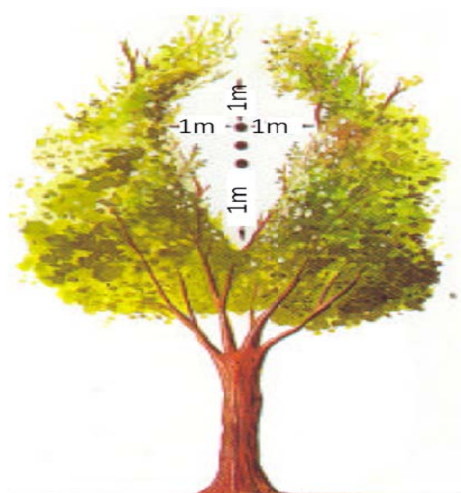


Figura 2.6: Rede de distribuição passando no meio da árvore.

Normalmente quando a poda é executada em “V”, posteriormente a árvore se recompõe fechando a copa por sobre a fiação criando uma área de sombreamento não mais havendo brotações significativas, de modo a tomar a forma de um “furo”. A figura abaixo demonstra a poda “em furo” idealizada. Na prática, retira-se neste raio de 1 metro apenas os ramos que se direcionam a rede.



(a)



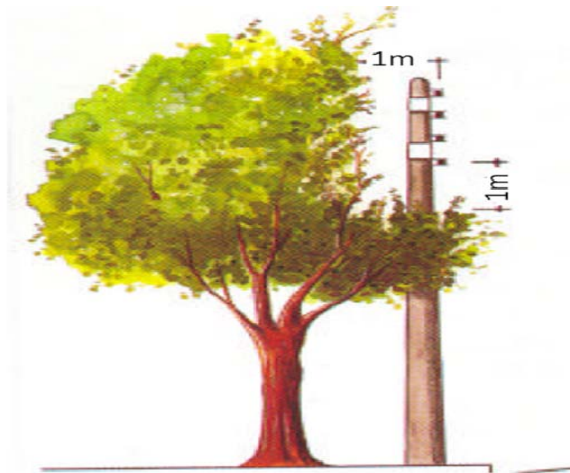
(b)

Figura 2.7: (a) Túnel formado devido à poda em “V”, (b) poda em “V”.

Poda de Afastamento Lateral – Utiliza-se geralmente este tipo de poda em caráter emergencial, visando liberar postes e a rede de distribuição. Na maioria das vezes provocando alterações no formato original da copa, como pode-se observar na figura 2.8. A árvore que sofreu este tipo de intervenção deve passar por outra poda de caráter corretivo, visando minimizar e/ou restaurar sua conformação original.



(a)



(b)

Figura 2.8: (a) Poda executada de Afastamento Lateral, (b) poda de Afastamento Lateral.

2.6 Época da Poda

A poda, por se constituir num processo traumático à planta, provoca maior dano quando maior for sua atividade metabólica (conjunto de transformações). Portanto deve ser realizada preferencialmente nas ocasiões em que atividade metabólica da árvore é menor. Esta atividade metabólica é realizada pelas folhas e ramos verdes que estão na copa da árvore, os órgãos

vitais destinados à respiração e elaboração da seiva, pelo processo da fotossíntese. A época de poda deve, portanto, ocorrer quando o foto-período for curto, a temperatura ambiente baixa e houver pequena disponibilidade de água no solo, representando pequena atividade metabólica no vegetal.

Existem três grupos básicos de árvores, classificadas de acordo com o fenômeno da queda de folhas nas espécies decíduas, sendo imprescindível o conhecimento prévio da espécie e seu ciclo antes da execução da poda:

1º Grupo: Compreendem as espécies de folhas caducas, de repouso vegetativo verdadeiro ou real, que são aquelas árvores que perdem as folhas no outono-inverno, ficando reduzidas ao seu esqueleto - representado por seu tranco e ramagem - para, em seguida, iniciarem o pleno desenvolvimento vegetativo, como o início do crescimento das novas folhas, ocasião acertada para podá-las.

2º Grupo: Representado por espécies de aparente repouso vegetativo e que também despreendem as folhas no outono-inverno para, em seguida, iniciarem a produção de botões florais. Caso a poda ocorra durante aquele aparente repouso, haverá alterações em seu ciclo produtivo, com desgaste da planta e possibilidade de ocorrência de morte prematura.

3º Grupo: Representado pelas árvores com folhagem persistente e semi-caduca, cuja renovação se faz ao longo do ciclo produtivo.

Nota: No Estado de São Paulo, salvo em anos atípicos, o período de poda para a maior parte das espécies concentram-se nos meses de Abril a Setembro, sendo aconselhável deixar mais para o final do período.

No entanto, a poda poderá ser executada em qualquer época do ano para assegurar o fornecimento contínuo de energia elétrica. Tal fato não resulta em grandes impactos às árvores, uma vez que a poda realizada pela concessionária de energia não suprime porções significativas da copa da árvore. (CPFL, 2003).

III – Modelo Matemático

Neste capítulo apresenta-se a formulação geral do problema de manutenção da vegetação sob a rede de distribuição de energia elétrica proposta neste trabalho. Este programa de manutenção consiste em minimizar os custos da manutenção da vegetação e o custo da energia não suprida (ENS) devido às faltas permanentes provocadas pelo crescimento da vegetação urbana, atendendo-se um conjunto de restrições. Estas restrições estão relacionadas com o número de operários disponíveis para executar essa tarefa e os recursos financeiros disponíveis pela empresa para executar a manutenção da vegetação sob os alimentadores de distribuição de energia elétrica de MT. De forma geral este problema pode ser estabelecido como:

$$\text{Minimizar } \left\{ \begin{array}{l} \text{Custo de Manutenção da Vegetação} \\ + \\ \text{Custo Energia Não Suprida (ENS)} \end{array} \right.$$

Sujeito a:

- Recursos financeiros disponíveis pela empresa para ser executada a manutenção da vegetação no período considerado.
- Disponibilidade das equipes de manutenção (Homens/horas).
- FEC (Frequência Equivalente de Interrupções por Consumidor)

3.1 Formulação Matemática do Modelo

A maioria dos problemas do cotidiano pode ser representada, de forma adequada, por meio de um modelo matemático, que auxilia os pesquisadores na simulação, análise e

compreensão de sistemas físicos reais. Modelos matemáticos são importantes para representar complexos sistemas físicos que não podem ser reproduzidos em laboratórios. A complexidade dos modelos deve ser compatível com as técnicas de solução e recursos computacionais disponíveis para solução desses modelos. Desta forma há um grande interesse no desenvolvimento, implementação e exploração de modelos matemáticos em todas as áreas do conhecimento (engenharia, física, matemática, agronomia, economia, etc.).

Embora possuam diversas formas, dimensões e níveis de complexidade, todos os modelos lidam com processos de decisão e apresentam uma estrutura em comum. Um modelo de programação matemática é composto por uma função objetivo e um conjunto de restrições que relacionam um conjunto de variáveis de decisão através de um conjunto de equações e inequações algébricas. Um modelo matemático de um sistema real é uma representação matemática a partir de algumas características observadas em tal sistema. Assim, um modelo matemático é apenas uma representação aproximada, uma vez que não existe o modelo do sistema.

Nesta seção apresenta-se a formulação matemática do problema de manutenção da vegetação que se encontra sob o sistema elétrico. Este modelo é desenvolvido através de uma função objetivo que considera a redução dos custos de desligamentos da rede devido à vegetação e a alocação otimizada de recursos destinados pelas empresas para efetuar a manutenção da vegetação. A solução deste modelo deve fornecer quando e onde deve ser efetuada a poda da vegetação sob a rede considerando-se um período de planejamento de um ano.

3.2 Relação entre Taxa de Faltas na Rede e a Vegetação

Para modelar um programa de manutenção da vegetação sob uma linha de distribuição é necessário conhecer a relação entre a taxa de falta devido à vegetação que se encontra sob o sistema elétrico e o tempo desde a última atividade de manutenção. Após a manutenção ter sido executada, a probabilidade da taxa de falta diminui, mas com o passar do tempo, a probabilidade de falta aumenta, devido ao crescimento da vegetação. As taxas de faltas em redes de distribuição são compostas por duas componentes: uma é a taxa de falta que é devido às causas de interrupção relacionadas com a não-vegetação, e outra taxa de falta relacionada com a existência da vegetação sob a rede. (KUNTZ; CHRISTIE; VENKATA, 2002).

Existem duas metodologias para desenvolver uma equação de taxa de faltas. Em uma dessas metodologias utiliza-se um modelo de crescimento da vegetação para determinar a taxa

de falta, e na outra metodologia a taxa de falta é obtida diretamente e não requer um segundo modelo para relacionar o crescimento da vegetação às taxas de faltas, não necessitando desta forma que o mecanismo de faltas devido às taxas de crescimento da vegetação esteja explícito no modelo, como ilustrado na figura 3.1.

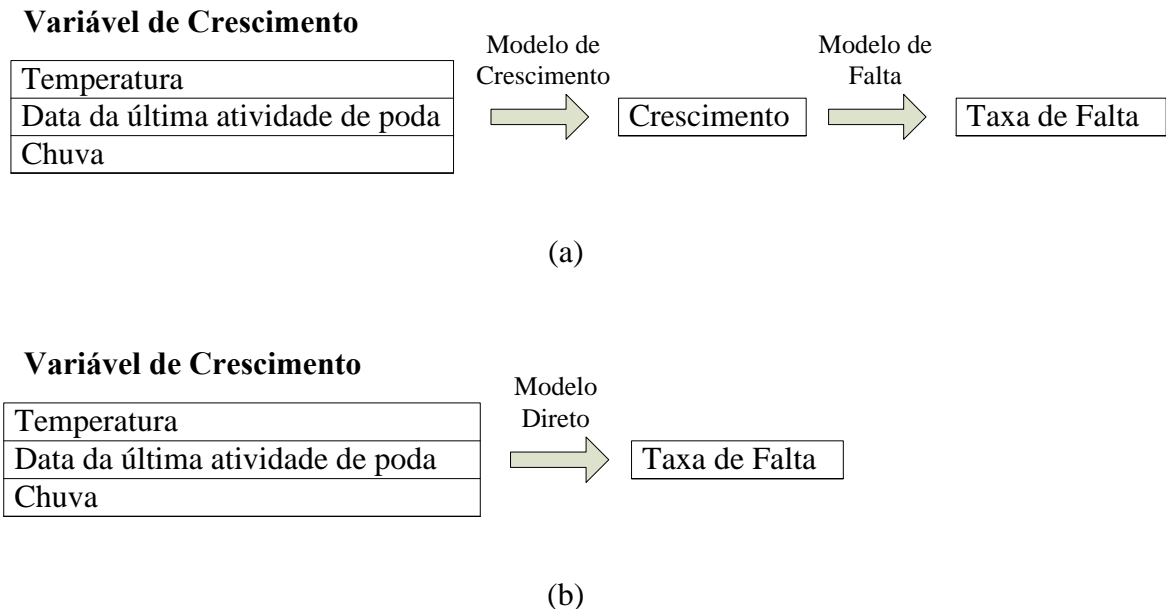


Figura 3.1: Modelos para obtenção de taxas de faltas devido à vegetação. (a) Utiliza modelo de crescimento das espécies, e (b) Modelo direto.

O modelo de taxa de falta usando modelo direto não precisa de outra equação para fazer a ligação entre o crescimento da vegetação e a taxa de falta, e também não precisa explicitamente de um modelo de falta devido à vegetação.

Vários problemas aparecem ao aplicar o modelo de crescimento da vegetação para obter uma estimativa das taxas de faltas devido à vegetação. Estes problemas incluem o intervalo de tempo de análise, as várias espécies de vegetação, o modelo adequado do crescimento vertical e radial das árvores. Modelos de crescimento são usualmente limitados por considerar uma única espécie de árvore dominante, e na realidade sob a rede de distribuição, geralmente, existem várias espécies de árvores, o que pode complicar o modelo de crescimento. Outro problema encontrado para aplicação do modelo de crescimento para o problema de taxa de falta é a necessidade de um modelo adicional. Este modelo deve desenvolver uma relação entre o crescimento da árvore e as taxas de faltas das interrupções devido à vegetação.

Por estas razões, o modelo de crescimento da vegetação não pode ser adaptado para o problema de taxa de falta relacionada com a vegetação do sistema de distribuição, assim não é recomendado usar o modelo que utiliza como ferramenta complementar o modelo de crescimento da vegetação. Dessa forma é melhor utilizar o modelo de taxa de falta direto para determinar os índices de confiabilidade da rede em função da vegetação.

Na literatura são encontrados alguns modelos de previsão de taxas de faltas. Muito desses modelos são modelos paramétricos incluindo o modelo linear, modelo linear multivariável e o modelo exponencial. (RADMER; KUNTZ; CHRISTIE; VENKATA; FLETCHER, 2002).

O modelo linear é um modelo simples que é função do tempo desde a última atividade de manutenção. Este modelo é dado pela equação:

$$\lambda(t) = b_1 t + b_0 \quad (3.1)$$

Sendo:

$\lambda(t)$: Taxa de faltas na rede elétrica;

b_0, b_1 : Parâmetros de regressão

t : Tempo desde a última atividade de manutenção.

No modelo exponencial tem-se a hipótese que o crescimento padrão de algumas árvores pode ser representado por uma função de crescimento sigmoidal, onde o crescimento das árvores jovens é uma exponencial. Se a taxa de falta é diretamente proporcional ao crescimento da vegetação, conclui-se que as taxas de faltas podem também ser uma função sigmoidal do tempo. Este modelo é dado pela equação:

$$\lambda(t) = b_0 e^{(b_1 t)} \quad (3.2)$$

O modelo linear pode ser estendido para um modelo mais preciso o modelo multivariável linear que inclui as variáveis climáticas que pode afetar o crescimento da vegetação. Para este modelo as variáveis incluídas são a temperatura mínima média anual

(T_{\min}), a temperatura máxima média anual (T_{\max}) e média anual de chuva (P). Este modelo é dado pela equação:

$$\lambda(t) = b_0 + b_1 t + b_2 T_{\min} + b_3 T_{\max} + b_4 P \quad (3.3)$$

Sendo:

b_3, b_4 : Parâmetros de regressão.

Em (RADMER, KUNTZ, CHRISTIE, VENKATA, FLETCHER, 2002) encontra-se uma proposta de uma metodologia para obter uma estimativa das taxas de faltas devido à vegetação com boa precisão, e que leva em consideração fatores climáticos e programa de manutenção da vegetação. Nesta proposta para levar em consideração a relação entre o clima e o crescimento da vegetação que pode ser muito complexa, é utilizada uma rede neural artificial (RNA) com a arquitetura e dados de entrada indicados na Figura 3.2. A RNA é adequada para tratar deste tipo de problema porque ela não requer uma representação explícita entre os fatores climáticos e o resultado das taxas de falta.

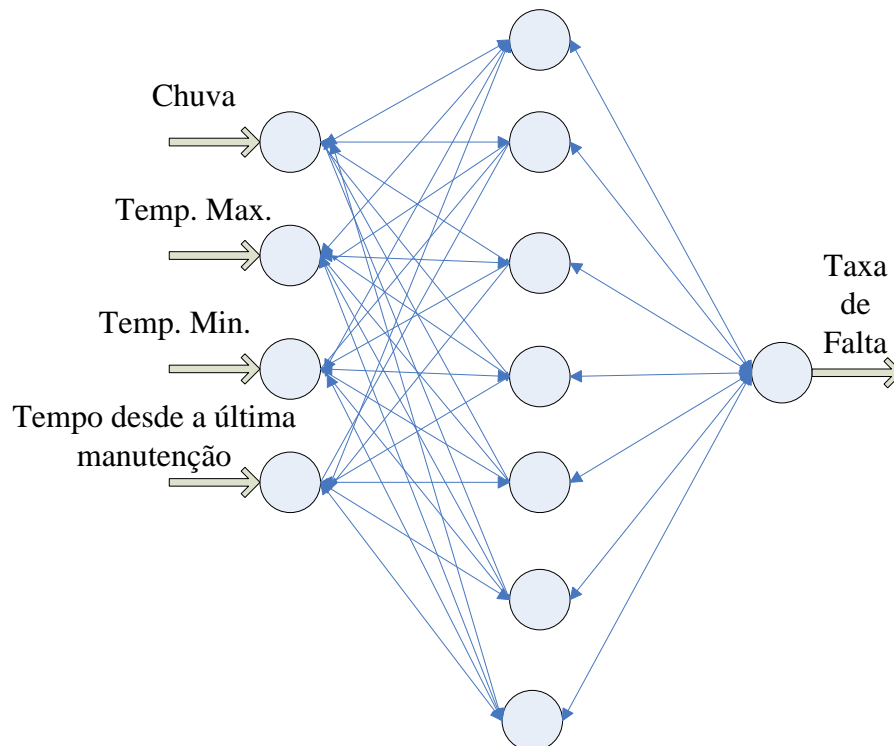


Figura 3.2: Diagrama do Modelo de Taxa de Falta usando Rede Neural Artificial.

A RNA proposta usa as mesmas informações que são necessárias para estabelecer o modelo linear multivariável. A vantagem da RNA é que não é necessário conhecer a relação entre as variáveis envolvidas no problema de determinação de taxas de faltas devido à vegetação. A RNA através de seus mecanismos de treinamento e aprendizado com os dados

de entrada fornecidos e calibração de parâmetros, estabelece de forma automática as relações entre as informações fornecidas e as interrupções no sistema de distribuição. A RNA proposta para estimar taxas de faltas devido à vegetação é a rede *feedforward* que é treinada usando a técnica *backpropagation*.

Os modelos de regressão e o da RNA requerem dados históricos. Estes dados devem incluir as interrupções históricas, dados climáticos, e os históricos de manutenção da vegetação sob os alimentadores. Para obter melhores resultados do modelo, é necessário um grande esforço na coleta de dados históricos de interrupções.

3.2.1 Técnica para Estimativa da Taxa de Falta Baseada em Modelos de Dispersão Não Lineares

Quando se trabalha com sistema real, os dados podem ser obtidos na forma de pontos, cujo comportamento demonstra o relacionamento de uma variável independente (ou explicativa) com uma, ou mais, variável dependente (ou resposta). O gráfico destes pontos é chamado de diagrama de dispersão.

Dado um gráfico de dispersão, é pouco provável que haja uma curva que passe exatamente por cada ponto e que descreva fielmente o sistema em análise. A razão disto é que os dados observados possuem erros inerentes ao processo. Dessa forma, para definir uma função analítica que descreva o sistema, não se deve optar por uma forma polinomial interpoladora dos pontos fornecidos, e sim uma curva que melhor se ajusta a estes pontos levando em consideração a existência de erros, em geral, que não são previsíveis.

Uma das vantagens de se obter uma curva que se ajusta adequadamente aos dados é a possibilidade de prever os valores da função (variável dependente) para valores da variável explicativa que estão fora do intervalo fornecido. Ou seja, é possível fazer uma extrapolação com uma aproximação razoável.

Existem muitas situações nas quais não é desejável, ou mesmo possível, descrever um fenômeno através de um modelo de regressão linear. Para problemas não lineares, diferentemente dos lineares, não é possível apenas aplicar fórmulas para estimar os parâmetros do modelo. Os modelos não lineares podem ser escritos como:

$$Y_i = g(X_i, \beta) + \varepsilon_i \quad (3.4)$$

Sendo:

$g(x_i, \beta)$: uma função não linear;

ε_i : erro;

β : é o vetor de parâmetros do modelo.

3.3 Função Objetivo

O modelo de função objetivo proposto visa minimizar o custo total da confiabilidade da rede de distribuição de modo a reduzir o máximo possível as ocorrências de faltas no sistema de distribuição devido à vegetação urbana

Desta forma o modelo matemático pode ser escrito, considerando-se os custos da energia não suprida devido à interferência da vegetação e os custos de manutenção em cada período de planejamento dado por:

$$\text{Min } C = C_0 + \sum_{k=1}^{NA} \left[\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{NS} \left((L_{CR}(i,k)C_{CR} + L_{CC}(i,k)C_{CC} + L_{CI}(i,k)C_{CI}) \lambda_k^j(t,i) \right) + C_{man}(k,t,i)l(i,k) \right] ri \quad (3.5)$$

Sujeito a:

$$\sum_{k=1}^{NA} \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{NS} (C_{man}(k,i,t)l(i,k) - C_{esp}) \leq 0 \quad (3.6)$$

$$\sum_{k=1}^{NA} \sum_{i=1}^{NS} l'(i,k) - L_{esp} \leq 0 \quad \text{para } t=1, \dots, T \quad (3.7)$$

$$\frac{\sum_{k=1}^{NA} \lambda_k \cdot NC_k}{NCT} - MF \leq 0 \quad (3.8)$$

Sendo:

$$C_0 = \sum_{k=1}^{NA} \sum_{i=1}^{NS} [L_{CR}(i,k)C_{CR} + L_{CC}(i,k)C_{CC} + L_{CI}C_{CI}] \lambda_k^j(t_0, i)$$

- C_0 : Custo da energia não suprida pela rede no início do período de estudo, devido à interferência da vegetação;
- NA : Número de alimentadores do sistema de distribuição;
- T : Período de planejamento para efetuar a manutenção da vegetação sob a rede de distribuição;
- j : Espécies de árvores que estão plantadas sob a rede de distribuição;
- NS : Número de seções de cada alimentador que são consideradas para executar o programa de podas da vegetação;
- $L_{CR}(i,k), L_{CC}(i,k), L_{CI}(i,k)$: Cargas (KVA) residenciais, comerciais e industriais, respectivamente, ligadas nos transformadores da seção i do alimentador k do sistema de distribuição sob estudo;
- ri : Variável de decisão binária, onde 1 significa que realiza-se a manutenção e 0 que não realiza-se a manutenção da vegetação sob o sistema de distribuição;
- C_{CR}, C_{CC}, C_{CI} : Custos de interrupções de cargas residenciais, comerciais e industriais, respectivamente (R\$/kVA);
- $l(i,k)$: Comprimento da seção i do alimentador k do sistema de distribuição;
- C_{esp} : Recursos financeiros disponíveis pela empresa para a manutenção da vegetação no período de planejamento considerado;
- $l'(i,k)$: Comprimento de seção com vegetação do alimentador k da seção i que foi executada a manutenção no tempo de planejamento t ;

- L_{esp}^t : Comprimento máximo permitido, devido às equipes de manutenção, para ser executada a manutenção da vegetação no período de planejamento t ;
- C_{man} : Custo da manutenção;
- λ_k^j : Taxa de falta da espécie j do alimentador k ;
- NC_k : Número de consumidores do alimentador k ;
- NCT : Número total de consumidores da rede;
- MF : Meta FEC estabelecida.

O modelo matemático dado pelo conjunto de equações (3.5)-(3.8) é um modelo de programação matemática que determina quais alimentadores e quando deve ser realizada a poda das árvores sob a rede. A restrição (3.6) garante que o programa de manutenção da vegetação no período de planejamento obtido através do modelo não ultrapasse o montante de recursos financeiros destinados pela empresa distribuidora no período para este tipo de atividade. A restrição (3.7) garante que a disponibilidade das equipes de manutenção da empresa seja respeitada no período sob análise. A restrição (3.8) garante a confiabilidade do sistema de distribuição de energia, respeitando as metas estipuladas pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica).

3.4 Recursos Financeiros Disponíveis

Os recursos financeiros disponíveis pela empresa de distribuição para a manutenção da vegetação urbana devem ser compatíveis com o tempo planejado para ser realizada a manutenção da vegetação. Se os recursos financeiros não forem suficientes para executar a manutenção no tempo planejado, deve-se analisar qual é o custo social e financeiro da não realização da manutenção da vegetação, para a concessionária de energia e seus clientes. Esta análise permite avaliar qual é a melhor forma para a empresa investir seus recursos financeiros de modo a não ocorrer interrupções no sistema elétrico devido ao crescimento da vegetação.

É necessário conhecer ou pelo menos estimar a relação entre o capital investido e a expectativa de retorno destes investimentos sobre os resultados nos índices de confiabilidade do sistema elétrico.

3.5 Disponibilidade da Equipe

Para que o projeto de manutenção da vegetação sob a rede de distribuição de energia elétrica funcione, é necessária a colaboração de uma equipe competente, preparada para cuidar do planejamento do plantio e da manutenção da arborização, com responsabilidades perfeitamente definidas, formação adequada, experiência e treinamentos periódicos.

Neste modelo matemático a disponibilidade da equipe de manutenção (horas/homem) é um dado limitante para se realizar a poda da vegetação urbana.

Redes elétricas primárias (via de regra operam em 13.800 Volts – V) apresentam voltagens que geralmente são muito maiores que as utilizadas em equipamentos domésticos. Ambas as redes primária e secundária (127 ou 220 V) apresentam potencial para matar ou machucar severamente pessoas que façam contato com elas, seja direta ou indiretamente. Assim, é essencial que apenas aqueles devidamente treinados nos procedimentos e riscos associados com a arboricultura junto a redes elétricas executem serviços de manejo de vegetação junto a elas. Pessoas em geral ou arboristas sem qualificação para trabalhar junto a essas redes não estão habilitados a realizar a poda de galhos de árvores próximas a sistemas elétricos.

A Agência de Saúde e Segurança Ocupacional (Occupational Safety and Health Administration - OSHA), órgão de controle de atividades de risco nos EUA, determina que os empregadores devam prover a seus empregados o treinamento necessário para executar trabalhos junto a redes elétricas energizadas. Os empregadores devem documentar o progresso dos empregados e certificar que os treinamentos foram ministrados. A Norma Nacional Norte-Americana para Operações de Arboricultura – Poda, Manutenção, Reparação e Remoção de Árvores e Corte de Arbustos – Requisitos de Segurança (ANSI Z133.1) detalha os requisitos de segurança para arboristas, incluindo distâncias mínimas de segurança para condutores energizados para trabalhadores qualificados para a tarefa, bem como para outras pessoas que trabalhem junto a essas redes.

3.6 Medidas de Confiabilidade de Sistemas de Distribuição

A confiabilidade do sistema de distribuição de energia elétrica pode ser medida através de indicadores que representam o grau de disponibilidade do sistema para o consumidor. (BILLINTON; BILLINTON, 1989).

Em Sistema de Distribuição de Energia Elétrica, os indicadores mais comuns são: a frequência equivalente de interrupções por consumidor (FEC) e a duração equivalente de interrupções por consumidor (DEC). O índice FEC representa uma média ponderada de interrupções no fornecimento de energia elétrica durante o período, o índice DEC indica a duração média, em horas, das interrupções no fornecimento de energia.

Na formulação do modelo matemático, adota-se o FEC para avaliar a confiabilidade do sistema. O FEC é calculado através das taxas de faltas. (REIS et al., 2008).

$$FEC = \frac{\sum_{K=1}^{NA} \lambda_k \cdot NC_k}{NCT} \quad (3.10)$$

Sendo:

NA : número de alimentadores do sistema;

λ_k : taxa de falta do alimentador k ;

NC_k : número de consumidores do alimentador k ;

NCT : número total de consumidores do sistema.

IV – Técnica de Solução

A técnica de solução proposta neste trabalho para o problema manutenção da vegetação sob o sistema elétrico é um algoritmo genético de Chu-Beasley (AGCB). Os algoritmos genéticos são modelos matemáticos inspirados na natureza, que se utilizam dos mecanismos da evolução e da genética natural para buscar soluções de boa qualidade para problemas de otimização mal comportados e de modelagem complexa. Neste capítulo apresentam-se os conceitos dos Algoritmos Evolutivos que são técnicas de otimização combinatória. Em seguida, apresenta-se um Algoritmo Evolutivo dedicado a manutenção da vegetação sob a rede de distribuição de energia elétrica.

4.1 Algoritmo Genético de Chu-Beasley

Chu-Beasley apresentou um algoritmo genético modificado que apresenta particularidades muito especiais.

O algoritmo genético de Chu-Beasley (AGCB) sugere gerar a população de forma aleatória como nos algoritmos genéticos básicos.

O AGBC apresenta uma proposta inovadora na manipulação das infactibilidades. Assim, apresenta-se a proposta de armazenar a função objetivo e as infactibilidades separadamente e usá-las com propósitos diferentes. Chu-Beasley sugere armazenar a função objetivo de cada proposta de solução em um vetor *fitness* e as infactibilidades em um vetor *unfitness*. O *fitness* é usado no processo de seleção e o *unfitness* juntamente com o *fitness* no processo de substituição, ou seja, para decidir se o descendente gerado deve ser incorporado na população substituindo por um elemento da população. O tipo de seleção usado no AGBC é a seleção por torneio que é considerada uma das mais eficientes e simples de implementar. (SILVA et al.,2005).

A proposta de Chu-Beasley é significativamente diferente aos algoritmos genéticos tradicionais no processo de substituição dos elementos da população. O algoritmo genético tradicional faz uma substituição geracional, substituindo todos (ou quase todos) os elementos da população e geralmente não faz uma verificação da diversidade. O AGCB sugere substituir, em cada iteração, apenas um elemento da população corrente. Essa proposta pretende facilitar duas estratégias cruciais no desempenho do algoritmo:

- i. Permite produzir descendentes melhorados usando um processo de otimização local do descendente gerado;
- ii. Permite um controle absoluto da diversidade dos elementos da população corrente.

O AGCB sugere implementar uma fase de melhoria local dos descendentes gerado. Essa fase de melhoria local pode ser uma busca local muito simples ou pode ser uma estratégia sofisticada que leva em conta as características especificadas do problema.

Este algoritmo sugere substituir um elemento da população corrente pelo descendente gerado preservando a diversidade completa, isto é, todos os elementos da população corrente devem ser diferentes. Portanto, se o descendente gerado for igual a um elemento da população então esse descendente é descartado. Em resumo, o descendente gerado pode entrar na população se for diferente de todos os elementos da população e se for mais promissor de algum dos elementos da população verificando primeiro a infactibilidade e depois a qualidade da função objetivo das propostas de solução factível.

4.1.1 População Inicial

A população inicial, nos testes com sistemas de pequeno porte, é gerada de maneira aleatória. Já para sistemas de grande porte, aplica-se algumas estratégias adicionais para gerar uma população de excelente qualidade. Essas estratégias estão baseadas em algoritmos heurísticos construtivos rápidos e eficientes.

4.1.2 Seleção

Na seleção por torneio nos algoritmos genéticos tradicionais os descendentes (configurações) são escolhidos mediante jogos (torneios) e a quantidade de jogos é equivalente ao tamanho da população. A cada jogo são escolhidos aleatoriamente um conjunto de k configurações e a configuração ganhadora do jogo é aquela tem função de adaptação de melhor qualidade. O valor k é geralmente pequeno, tipicamente $k \in \{2,3,4\}$.

Após n jogos termina-se o processo de seleção. Este tipo de seleção é atrativo porque é computacionalmente muito rápido e, também, porque a estratégia é a mesma para problemas de maximização e minimização, apenas o critério de função de adaptação de melhor qualidade é diferente.

No AGCB o número de jogos n é igual a 2, pois neste algoritmo é substituído apenas um indivíduo por iteração.

4.1.3 Recombinação

As configurações escolhidas no processo de seleção devem ser submetidas ao operador de recombinação. A recombinação consiste em trocar parcelas de duas configurações (pais) para formar duas configurações candidatas (filhos). Em outras palavras, duas configurações candidatas (filhos) são geradas com parcelas de duas configurações geradoras (pais). O operador de recombinação busca simular o fenômeno de *crossing over* na genética.

Existem vários tipos de recombinação e a diferença entre eles está no número de pontos de recombinação. Assim, esses tipos de recombinação são conhecidos como recombinação de um ponto, de dois pontos, multipontos e uniforme, onde o número de pontos deve depender do número de elementos de uma configuração. Encontrar o número de pontos de recombinação mais adequado para um determinado tipo de problema é difícil de resolver. Na prática, esse valor deve ser determinado em forma empírica realizando testes experimentais.

Nos algoritmos genéticos tradicionais as duas configurações geradas podem fazer parte da população na iteração seguinte. No algoritmo de Chu-Beasley, somente um dos indivíduos gerados será escolhido para fazer parte da nova população e o outro será eliminado. Uma opção para fazer essa escolha pode ser a qualidade da função objetivo.

4.1.4 Mutação

Após a recombinação, os cromossomos estão sujeitos à mutação. A mutação exerce uma influência especial para o Algoritmo Genético, pois procura evitar atingir o mínimo local (convergência prematura). A necessidade da mutação aumenta na fase final do procedimento quando as populações tornam-se mais homogêneas e dominadas pelos genes mais eficientes.

A mutação introduz mudança em torno das variáveis, explorando novas zonas no espaço de busca do problema.

4.1.5 Critério de Parada

Existem vários critérios de parada que podem ser implementados. Assim, pode-se finalizar a execução do algoritmo genético quando:

- Foi executado um número específico de iterações;
- A incumbente (melhor solução encontrada) assume um valor pelo menos de igual qualidade que um valor previamente especificado;
- As configurações da população ficam muito homogêneas, isto é, as configurações são muito parecidas e praticamente não existe evolução;
- Usando um critério que depende do tipo de problema analisado.

Na prática podem ser implementados vários critérios de parada simultânea, sendo eles estáticos (previamente especificado) ou dinâmicos (depende da evolução do processo). Em implementações práticas de problemas complexos geralmente são especificados critérios de parada mais objetivos que dependem do tipo específico de problema.

4.2 Algoritmo Genético de Chu-Beasley Dedicado

Nesta seção discute os aspectos envolvidos no algoritmo evolutivo proposto para o planejamento da manutenção da vegetação sob o sistema elétrico: sistema de codificação, seleção, recombinação, mutação e critério de parada, que explora o problema com vistas a obter a eficiência e mapear as possíveis soluções.

4.2.1 Esquema de Codificação

Na solução de problemas da vida real usando algoritmos evolutivos, o esquema de codificação (estrutura cromossômica) e formas de realização dos operadores genéticos deve ser desenvolvido. Tal estrutura cromossômica influi no desempenho computacional do algoritmo e na qualidade das soluções obtidas. Assim, uma codificação binária é utilizada para mapear as possíveis soluções para o problema de manutenção da vegetação sob a rede de distribuição de energia elétrica, em que um indivíduo é uma cadeia de bits que assumem os valores 0 e 1.

O esquema de representação (cromossomo) utilizado na codificação do problema de planejamento de manutenção da vegetação sob a rede elétrica é representado pela Figura 4.1. Observa-se nesta figura que cada bit/gene é associado a um alimentador. Cada indivíduo (configuração) é dividido em estações do ano primavera, verão, outono e inverno, formando assim um vetor que contém informações onde e quando deve ser realizada a manutenção da vegetação no decorrer de um ano. Neste esquema de representação o bit “0” indica onde não se realiza a manutenção, e o bit “1” indica onde deve ser efetuada a manutenção da vegetação.

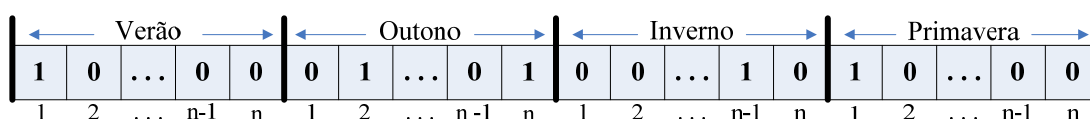


Figura 4.1: Esquema de Codificação, sendo n o número de alimentadores do sistema.

4.2.2 População Inicial

A geração da população inicial é realizada aleatoriamente. Eventualmente, pode ser vantajoso utilizar algum tipo de heurística, acrescentando alguns indivíduos sabidamente bem avaliados. De modo geral, deve-se garantir a diversidade dos indivíduos, isto é, garantir que os indivíduos estejam distribuídos por todo o espaço de busca.

O tamanho da população $TamPop$ indica o número de indivíduos em cada população, que permanece constante durante a evolução. Quanto maior a população, maior a diversidade de soluções e maior o custo computacional, em função do maior número de avaliação da função de adaptação. Assim, o tamanho da população influencia diretamente no desempenho do algoritmo genético.

4.2.3 Seleção

A seleção proposta está baseada na estratégia de torneio, com número de jogos $n = 2$, e com número de indivíduos participando no jogo $k = 2$.

O procedimento:

- i. Dois indivíduos são selecionados aleatoriamente da população *fitness*;
- ii. O indivíduo com a melhor função é escolhido para ser o primeiro pai;
- iii. Depois, o procedimento é repetido e determina-se o segundo pai;
- iv. Os pais selecionados devem ser diferentes um do outro.

4.2.4 Recombinação

É implementado um recombinação de 4 pontos, na qual são selecionados aleatoriamente 4 pontos de recombinação, um em cada estação do ano, originando dois novos indivíduos. Cada um desses descendentes possui informações de cada configuração geradora.

4.2.5 Mutação

Depois da realização da recombinação, temos uma configuração de possível solução para o problema. Na mutação, são escolhidos dos pontos de mutação aleatoriamente, onde é trocada a informação, se bit for igual a 1 muda-se para 0, e se for 0 muda-se para 1.

4.2.6 Substituição na População

No AGCB não existe substituição completa na população. Esta é uma das importante diferenças entre o AG tradicional e o AGCB. O AGCB troca em cada iteração apenas um indivíduo da população. O indivíduo é substituído se:

- Se o indivíduo gerado for ineficaz então se verifica se a ineficácia é menor que a ineficácia do elemento da população com maior ineficácia, caso seja verdadeiro realiza-se a substituição e em caso contrário descarta-se o descendente gerado;
- Se o indivíduo gerado é eficaz, então se deve substituir o elemento da população com maior ineficaz. No caso de todos os indivíduos da população sejam eficazes, deve-se verificar se o descendente gerado é de melhor qualidade que o elemento da população de pior qualidade para que a substituição seja realizada.
- O novo indivíduo a ser incorporado na população atual tem que ser diferente de todos os outros indivíduos da população. Se for igual, então esse novo indivíduo é descartado.

Vale ressaltar que:

- Todas as soluções armazenadas são diferentes, o que impede a convergência prematura do processo.

4.2.7 Critério de Parada

O programa encontra uma solução depois de executado um número específico de iterações.

4.2.8 O Algoritmo

O algoritmo genético de Chu-Beasley assume a seguinte forma:

- i. Gera-se a população inicial aleatoriamente;
- ii. Realiza-se a seleção por torneio com $k = 2$ (dois indivíduos);
- iii. Depois de realizar a seleção, realiza-se a recombinação entre os dois pais, recombinação de quatro pontos, um em cada estação do ano;
- iv. Escolhe-se apenas um indivíduo o que possui melhor função objetivo;
- v. Implementar a mutação do indivíduo escolhido.;
- vi. Atualizar a população corrente: o descendente gerado pode ser incorporado na população corrente se atender as seguintes condições:
 - a. Se o descendente for igual a alguma topologia da população corrente será descartado para evitar o armazenamento de topologias repetidas na população corrente;
 - b. Se infactível, e se na população corrente existem topologias infactíveis, o descendente gerado substituirá a topologia de maior infactibilidade, isso se essa infactibilidade for maior que a do descendente gerado, senão, o descendente é descartado;
 - c. Se factível, deve-se substituir a topologia com maior infactibilidade e se todas as topologias da população são factíveis então o descendente gerado substituirá a topologia de pior qualidade, desde que o descendente seja de melhor qualidade, senão, o descendente é descartado.
- vii. Se foi realizado *NumGeração* iterações, acaba o processo, caso contrário voltar ao passo ii.

V – Testes e Resultados

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos com os testes realizados na implementação computacional do algoritmo de manutenção da vegetação sob o sistema de distribuição de energia elétrica, proposto e detalhado no Capítulo IV, qual o objetivo é fornecer “quando” e “onde” deve-se realizar a manutenção da vegetação, sem que ocorra desligamento no sistema de distribuição devido ao crescimento da vegetação. Os testes foram realizados para os alimentadores urbanos de um sistema teste e para um sistema real com 27 alimentadores de uma cidade de médio porte do interior do estado de São Paulo.

5.1 Sistema Teste

Este sistema é proposto para testar a eficiência, robustez e aspectos práticos do modelo matemático e da técnica de solução proposta pra o problema de planejamento de poda árvores sob a rede de distribuição.

Os Dados do Sistema da Figura 5.1, encontram-se nas Tabelas 5.2 e 5.3.

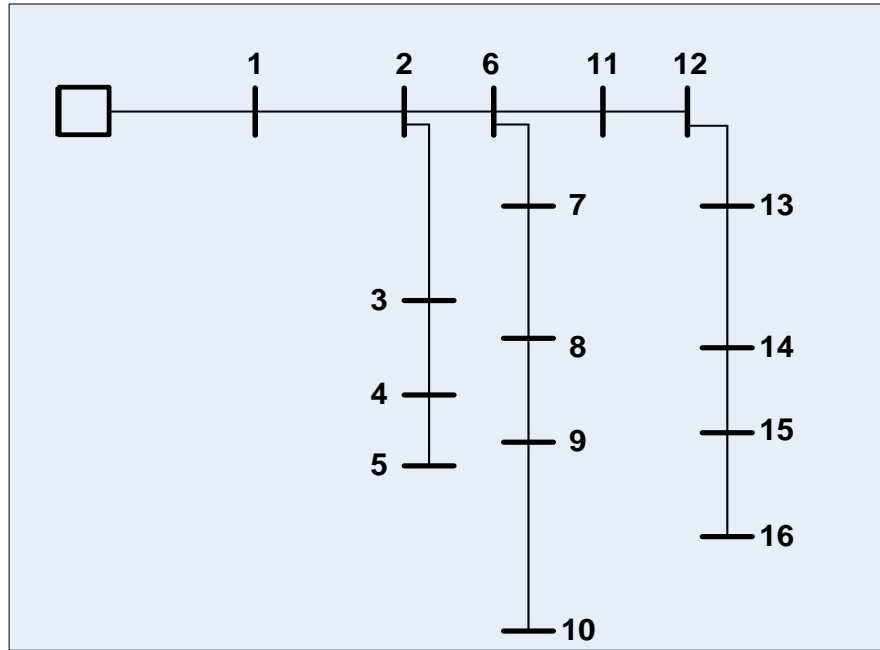


Figura 5.1: Sistema teste

Tabela 5.1: Dados elétricos e iniciais da vegetação para o sistema teste.

| Trechos | L_m | Cargas (kVA) | Custos (R\$/kVA) | M_0 (m) | T_0 (meses) |
|---------|-------|-----------------|---------------------|--------------|------------------|
| 1 – 2 | 1500 | 112 | 0,11 | 10,2 | 8 |
| 2 – 3 | 2000 | 75 | 0,26 | 8 | 3 |
| 3 – 4 | 1000 | 30 | 0,09 | 8 | 4 |
| 4 – 5 | 800 | 75 | 0,26 | 9 | 6 |
| 2 – 6 | 950 | 75 | 0,26 | 8 | 4 |
| 6 – 7 | 1000 | 30 | 0,09 | 8 | 5 |
| 7 – 8 | 1300 | 75 | 0,26 | 10 | 8 |
| 8 – 9 | 1200 | 75 | 0,26 | 11 | 11 |
| 9 – 10 | 2000 | 112 | 0,11 | 9 | 3 |
| 6 – 11 | 1000 | 75 | 0,26 | 8 | 4 |
| 11 – 12 | 900 | 75 | 0,26 | 9 | 5 |
| 12 – 13 | 1000 | 30 | 0,09 | 7,8 | 3 |
| 13 – 14 | 1500 | 75 | 0,26 | 10 | 7 |
| 14 – 15 | 900 | 75 | 0,26 | 9 | 6 |
| 15 – 16 | 1000 | 112 | 0,11 | 8 | 3 |

Tabela 5.2: Dados da vegetação sob o sistema teste.

| Trechos | Vc_1 | Vc_2 | Vc_3 | Vc_4 | Vegetação |
|---------|--------|--------|--------|--------|------------|
| 1 – 2 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,15 | Sibipiruna |
| 2 – 3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,15 | Sibipiruna |
| 3 – 4 | 0,15 | 0,15 | 0,1 | 0,1 | Oiti |
| 4 – 5 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,15 | Sibipiruna |
| 2 – 6 | 0,25 | 0,2 | 0,15 | 0,2 | Tipuana |
| 6 – 7 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,15 | Sibipiruna |
| 7 – 8 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,15 | Sibipiruna |
| 8 – 9 | 0,25 | 0,2 | 0,15 | 0,2 | Tipuana |
| 9 – 10 | 0,15 | 0,15 | 0,1 | 0,1 | Oiti |
| 6 – 11 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,15 | Sibipiruna |
| 11 – 12 | 0,15 | 0,15 | 0,1 | 0,1 | Oiti |
| 12 – 13 | 0,15 | 0,15 | 0,1 | 0,1 | Oiti |
| 13 – 14 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,15 | Sibipiruna |
| 14 – 15 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,15 | Sibipiruna |
| 15 – 16 | 0,25 | 0,2 | 0,15 | 0,2 | Tipuana |

Os símbolos indicados nas Tabelas 5.1 e 5.2 têm os seguintes significados:

- L_m : Comprimento do Alimentador;
 M_0 : Altura inicial da vegetação;
 T_0 : Tempo inicial do período sob análise;
 Vc_1 : Taxa de crescimento da vegetação durante o verão;
 Vc_2 : Taxa de crescimento da vegetação durante o outono;
 Vc_3 : Taxa de crescimento da vegetação durante o inverno;
 Vc_4 : Taxa de crescimento da vegetação durante a primavera.

5.1.1 Taxa de Falta com Taxa de Crescimento da Vegetação

Para os testes foi desenvolvido um modelo de taxa de falta que utiliza informações sobre o crescimento das espécies de vegetação.

O modelo de taxa de falta na rede devido à vegetação é dado pela Equação (5.1). Neste modelo considera-se que a taxa de falta na rede de distribuição devido à interferência da

vegetação sob a rede elétrica é proporcional ao crescimento da vegetação, conforme as árvores crescem, a taxa de falta aumenta. A equação da taxa de falta é dada por:

$$\lambda^j(t) = 0,02 \frac{V_c^j t}{d_{\max}} \quad (5.1)$$

Sendo:

$\lambda^j(t)$: Taxa de faltas na rede elétrica no período de planejamento t devido à interferência da vegetação da espécie j (*faltas. meses/ano*);

V_c^j : Velocidade de crescimento da espécie j (*metros/mês*);

t : Tempo em meses, compreendido no intervalo de planejamento de um ano;

d_{\max} : Altura de segurança para que a vegetação não interfira na continuidade do serviço de fornecimento de energia elétrica.

5.1.2 Função Objetivo

O modelo de função objetivo proposto para o sistema fictício, quando utiliza-se a velocidade de crescimento da vegetação para determinar a taxa de falta, visa minimizar o custo total da confiabilidade da rede de distribuição de modo a reduzir o máximo possível as ocorrências de faltas no sistema de distribuição devido à vegetação urbana.

Neste caso a restrição de confiabilidade do sistema (equação (3.8)) foi desprezada, trabalhando com a função objetivo da equação (3.5) a equação (3.7) .

Neste modelo considera-se que:

- Tem-se um mapeamento dos tipos de árvores e localização das mesmas sob a rede elétrica. Com este mapeamento definem-se as seções sob a rede com base nas distâncias lineares de árvores plantadas e os tipos de espécies vegetais existentes;
- O programa anual de manutenção da vegetação é inicializado em um tempo inicial (t_0) em que se tem uma estimativa da altura de todas as espécies de árvores que estão sob a rede elétrica. O programa de planejamento é desenvolvido de forma dinâmica,

considerando-se uma taxa de crescimento de cada espécie em função do período do ano, e é realizado num período de tempo preestabelecido;

- As cargas dos diferentes tipos de consumidores (residenciais, comerciais e industriais) ligados nos transformadores de cada um dos alimentadores do sistema e seus respectivos custos (R\$/KVA/mês) são conhecidos;
- A manutenção da vegetação é realizada quando a altura da vegetação ultrapassa uma distância de segurança (d_{\max}) entre a rede elétrica e a vegetação, caso contrário, nenhum serviço de poda precisa ser executado.

5.1.3 Técnica Heurística

Foi utilizada uma Heurística Simples para verificar a qualidade do modelo desenvolvido nesta dissertação. Esta proposta para realizar a manutenção da vegetação consiste dos seguintes passos:

- i. Considera o tempo inicial T_0 e a altura inicial da vegetação M_0 ;
- ii. Analisa a altura das árvores sob cada seção da rede; escolher para fazer a manutenção da vegetação mais alta ($M_0 \geq 9$);
- iii. Verifica se as restrições de recursos financeiros e a disponibilidade da equipe no período considerado.
- iv. Avalia a função objetivo e restrições;
- v. Passar para a próxima estação do ano;
- vi. Atualiza a altura das árvores sob cada seção do alimentador, considerando-se a velocidade de crescimento das diferentes espécies de vegetação;
- vii. Atualiza o índice de faltas;
- viii. Voltar para o passo (i) caso exista próximas estações do ano para ser analisada. Considera-se que a primeira manutenção do ano ocorra no verão, e aplicando essa heurística, obtém-se o programa de manutenção anual ilustrada pela Figura 5.3, e os custos de manutenção são apresentados na Tabela 5.5.

Os testes realizados visam mostrar a eficiência e robustez do algoritmo proposto para alocação otimizada de recursos destinados pela empresa para efetuar a manutenção da vegetação de forma a não ocorrer desligamento no sistema de distribuição. Desta forma, foram consideradas as seguintes condições de testes:

5.1.4 Comparação dos Resultados Obtidos entre o Modelo matemático e Técnica Heurística

Nesta sessão são apresentados e analisados os resultados dos testes realizados utilizando-se a implementação computacional da metodologia proposta para programar a manutenção da vegetação e através de uma técnica heurística simples para estabelecer este programa. Para mostrar a qualidade do modelo e eficiência e robustez da técnica de solução propostas, foram realizados testes em um sistema fictício como mostrado na Figura 5.1, cujos dados encontram-se nas Tabelas 5.1 e 5.2.

O programa computacional foi implementado em linguagem *Matlab*, no algoritmo genético os parâmetros de controle são parametrizados de modo a localizar onde e quando deve ser realizada a manutenção da vegetação no intervalo de um ano minimizando os custos de manutenção e da energia não suprida. Os parâmetros de controle do algoritmo são apresentados na Tabela 5.3. O Gráfico 5.1 mostra o comportamento do algoritmo para encontrar a melhor solução, e o Gráfico 5.2 mostra o comportamento das soluções incumbentes do algoritmo.

Tabela 5.3: AGCB– Parâmetros de controle para o Sistema Teste

| $TamPop$ | $NumGeração$ | ρ_m | C_{esp} (R\$) | L'_{esp} (m) |
|----------|--------------|----------|-----------------|----------------|
| 300 | 500 | 0,1 | 4.000,00 | 24.000 |

Sendo

- $TamPop$: Tamanho da População;
 $NumGeração$: Número máximo de gerações;
 ρ_m : Taxa de mutação;

Na implementação do Algoritmo Genético foi encontrada solução que consta na Tabela 5.4.

Tabela 5.4: Resultados para o Sistema Teste - AGCB

| Custo Total (R\$) | Custo Energia Não Suprida (R\$) | Distância total de Manutenção (m) | Custo Manutenção (R\$) |
|--------------------------|--|--|-------------------------------|
| 3.539,17 | 398,47 | 18.050 | 3.140,70 |

Tabela 5.5: Resultados obtidos através da Técnica Heurística

| Custo Total (R\$) | Custo Energia Não Suprida (R\$) | Distância total de Manutenção (m) | Custo Manutenção (R\$) |
|--------------------------|--|--|-------------------------------|
| 3.838,93 | 698,23 | 18.050 | 3.140,70 |

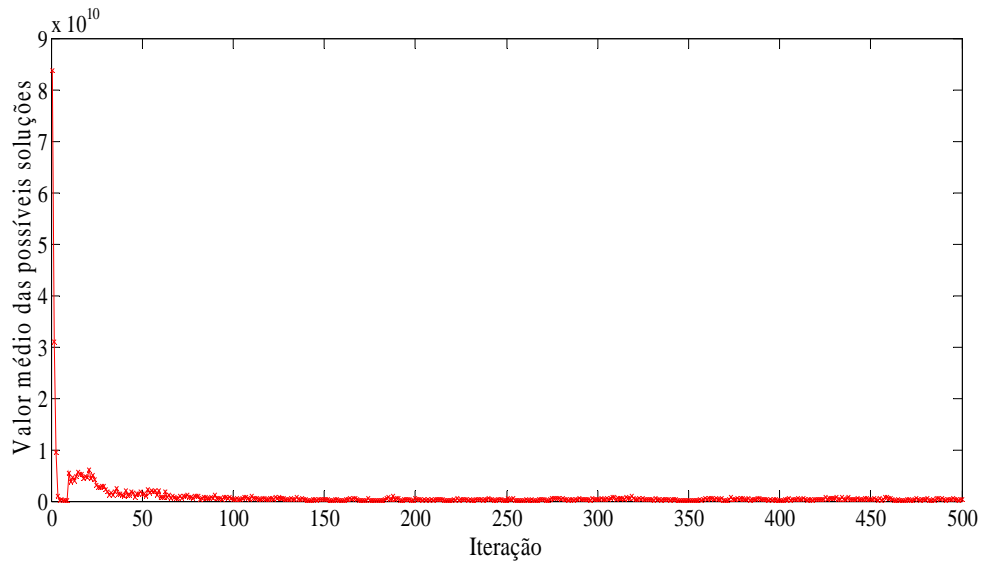


Gráfico 5.1: Comportamento do algoritmo do sistema teste.

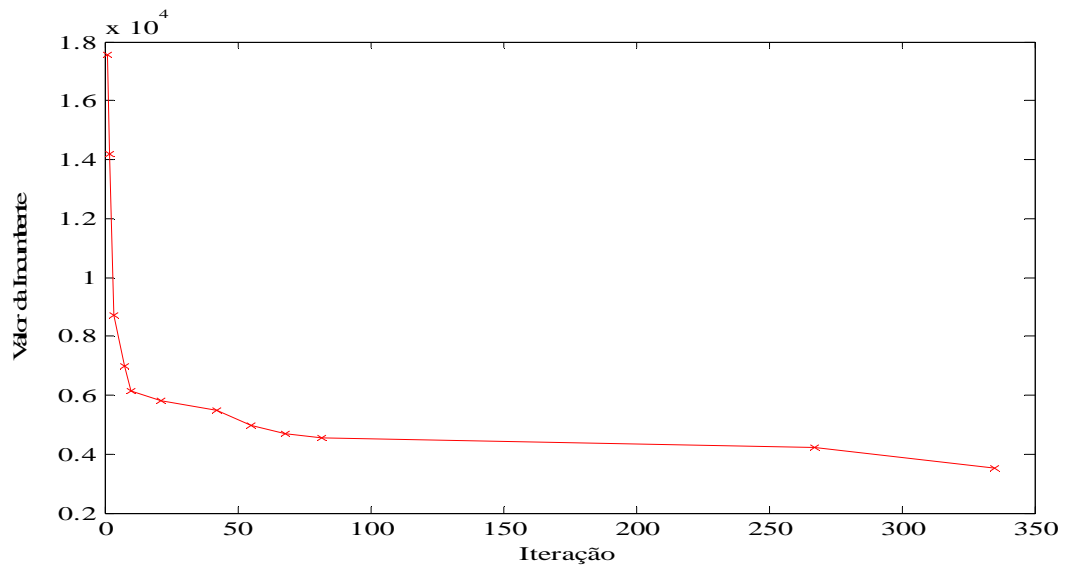


Gráfico 5.2: Comportamento da solução incumbente do sistema teste.

Os resultados obtidos do programa de podas estão divididos nas estações do ano, onde cada coluna representa uma seção sob o alimentador, como apresentado nas Figuras 5.2(a) e 5.3(a), que são resultados obtidos de solução do Algoritmo Genético e da Heurística, respectivamente. As alturas da vegetação, para cada estação do ano, considerando a manutenção da vegetação no período de um ano fornecido pelo AG e pela heurística estão apresentadas nas Figuras 5.2(b) 5.3(b), respectivamente. Nas Figuras 5.2(c) e 5.3 (c) estão apresentados os tempos em meses decorridos desde a última manutenção de vegetação para cada seção do sistema em cada estação do ano, fornecidos pelo AG e pela heurística, respectivamente.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | Verão |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | Outono |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Inverno |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Primavera |
| (a) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,2 | 8 | 8 | 9 | 8 | 8 | 10 | 11 | 9 | 8 | 9 | 7,8 | 10 | 9 | 8 | Verão |
| 7,6 | 8,6 | 8,45 | 9,6 | 8,75 | 7,6 | 7,6 | 7,75 | 7,45 | 8,6 | 9,45 | 8,25 | 7,6 | 7,6 | 8,75 | Outono |
| 8,05 | 9,05 | 8,9 | 7,45 | 7,6 | 8,05 | 8,05 | 8,35 | 7,9 | 7,45 | 7,45 | 7,45 | 8,05 | 8,05 | 7,6 | Inverno |
| 8,35 | 7,3 | 7,3 | 7,75 | 8,05 | 8,35 | 8,35 | 8,8 | 8,2 | 7,75 | 7,75 | 7,75 | 8,35 | 8,35 | 8,05 | Primavera |
| (b) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 3 | 4 | 6 | 4 | 5 | 8 | 11 | 3 | 4 | 5 | 3 | 7 | 6 | 3 | Verão |
| 3 | 6 | 7 | 9 | 7 | 3 | 3 | 3 | 3 | 7 | 8 | 6 | 3 | 3 | 6 | Outono |
| 6 | 9 | 10 | 3 | 3 | 6 | 6 | 6 | 6 | 3 | 3 | 3 | 6 | 6 | 3 | Inverno |
| 9 | 3 | 3 | 6 | 6 | 9 | 9 | 9 | 9 | 6 | 6 | 6 | 9 | 9 | 6 | Primavera |
| (c) | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 5.2: AGCB, (a) Proposta de solução, (b) Altura da vegetação (m),
(c) Tempo desde a última manutenção (meses).

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | Verão |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Outono |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Inverno |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | Primavera |
| (a) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,2 | 8 | 8 | 9 | 8 | 8 | 10 | 11 | 9 | 8 | 9 | 7,8 | 10 | 9 | 8 | Verão |
| 7,6 | 8,6 | 9,05 | 7,6 | 8,75 | 8,6 | 7,6 | 7,75 | 7,45 | 8,6 | 7,45 | 8,25 | 7,6 | 7,6 | 8,75 | Outono |
| 8,05 | 9,05 | 7,45 | 8,05 | 9,35 | 9,05 | 8,05 | 8,35 | 7,9 | 9,05 | 7,9 | 8,7 | 8,05 | 8,05 | 9,35 | Inverno |
| 8,35 | 7,3 | 7,75 | 8,35 | 7,45 | 7,3 | 7,35 | 8,8 | 8,2 | 7,3 | 8,2 | 9 | 8,35 | 8,35 | 7,45 | Primavera |
| (b) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 3 | 4 | 6 | 4 | 5 | 8 | 11 | 3 | 4 | 5 | 3 | 7 | 6 | 3 | Verão |
| 3 | 6 | 7 | 3 | 7 | 8 | 3 | 3 | 3 | 7 | 3 | 6 | 3 | 3 | 6 | Outono |
| 6 | 9 | 10 | 6 | 10 | 11 | 6 | 6 | 6 | 10 | 6 | 9 | 6 | 6 | 9 | Inverno |
| 9 | 12 | 13 | 9 | 3 | 14 | 9 | 9 | 9 | 13 | 9 | 12 | 9 | 9 | 3 | Primavera |
| (c) | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 5.3: Técnica Heurística, (a) Proposta de solução, (b) Altura da vegetação, (c) Tempo desde a última manutenção.

5.1.5 Testes com vários Tipos de Vegetação

Para analisar a versatilidade e a eficiência da metodologia proposta, foram realizados testes com o programa computacional implementado considerando-se as seguintes condições:

- Considerando-se três tipos de vegetação: Sibipiruna, Oiti e Tipuana.
- Considerando-se dois tipos de vegetação: Sibipiruna e Oiti, Sibipiruna e Tipuana, Oiti e Tipuana.
- Apenas um tipo de vegetação: Sibipiruna, apenas com Oiti e apenas com Tipuana, obtendo-se os resultados mostrados pela Tabela 5.6.

Tabela 5.6: Custo da Manutenção da Vegetação considerando os tipos de vegetação

| Tipo de vegetação | Custo total (R\$) | Custo Energia Não Suprida (R\$) | Distância total de Manutenção (m) | Custo Manutenção (R\$) |
|----------------------------|--------------------------|--|--|-------------------------------|
| Sibipiruna, Oiti e Tipuana | 3.539,17 | 398,47 | 18.050 | 3.140,70 |
| Sibipiruna e Oiti | 3.730,77 | 329,07 | 19.550 | 3.401,70 |
| Sibipiruna e Tipuana | 4.061,51 | 659,81 | 19.550 | 3.401,70 |
| Tipuana e Oiti | 3.973,45 | 406,45 | 20.500 | 3.567,00 |
| Sibipiruna | 3.537,16 | 396,46 | 18.050 | 3.140,70 |
| Oiti | 3.484,10 | 343,40 | 18.050 | 3.140,70 |
| Tipuana | 4.282,04 | 567,14 | 21.350 | 3.714,90 |

A partir da análise dos resultados da Tabela 5.6 verifica-se que os custos da energia não suprida estão diretamente relacionados com os índices de faltas no sistema devido interferência da vegetação. Estes custos estão relacionados com o tipo de vegetação que se encontra sob o sistema de distribuição, devido a sua taxa de crescimento. Observa-se que o custo da energia não suprida é maior quando a espécie de árvore Tipuana encontra-se sob a rede de distribuição, pois esta tem maior velocidade de crescimento.

5.1.6 Teste com Recursos Financeiros Limitados

Sabendo-se que o comprimento total do sistema da Figura 5.1 é de 18.050 metros, para realizar apenas uma manutenção por ano em cada seção do sistema é necessário então que o recurso financeiro seja de R\$ 3.140,70. Considerando que a empresa disponibilize apenas R\$ 3.000,00 para realizar a manutenção no período de um ano, verifica-se o desempenho do programa computacional obtendo os resultados apresentados da Tabela 5.7. O programa de manutenção fornecido por estes resultados está detalhado na Figura 5.4.

Tabela 5.7: Valores encontrados pelo AGCB quando os recursos são limitados

| Custo Total (R\$) | Custo Energia Não Suprida (R\$) | Distância total de Manutenção (m) | Custo Manutenção (R\$) |
|--------------------------|--|--|-------------------------------|
| 4.200,94 | 1.234,24 | 17.050 | 2.966,70 |

O programa computacional forneceu uma boa solução para o problema (3.5)-(3.7) , com a taxa de falta dada pela equação (5.1), sem violar as restrições (3.6) e (3.7), pode-se observar que não ocorreu manutenção da vegetação na seção 12-13 do sistema e nas outras ocorreu apenas uma manutenção no período de um ano, desta forma houve falta no sistema de distribuição devido ao crescimento da vegetação. O programa alocou de forma adequada os recursos disponíveis, deixando a seção que a altura da vegetação menor ao final de uma ano sem manutenção, assim teve-se uma penalidade de R\$ 729,00 devido a falta de manutenção da vegetação na seção. Assim, através das simulações é possível observar que o programa aloca de forma mais eficiente os recursos com vistas obter índices de confiabilidade de fornecimento de energia elétrica dentro de valores previamente determinados.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | Verão |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | Outono |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Inverno |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Primavera |
| (a) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,2 | 8 | 8 | 9 | 8 | 8 | 10 | 11 | 9 | 8 | 9 | 7,8 | 10 | 9 | 8 | Verão |
| 7,6 | 8,6 | 8,45 | 9,6 | 7,75 | 8,6 | 7,6 | 7,75 | 7,45 | 8,6 | 7,45 | 8,25 | 7,6 | 9,6 | 7,75 | Outono |
| 8,05 | 9,05 | 7,45 | 7,45 | 8,35 | 7,45 | 8,05 | 8,35 | 7,9 | 7,45 | 7,9 | 8,7 | 8,05 | 7,45 | 8,35 | Inverno |
| 8,35 | 7,3 | 7,75 | 7,75 | 8,8 | 7,75 | 8,35 | 8,8 | 8,2 | 7,75 | 8,2 | 9 | 8,35 | 7,75 | 8,8 | Primavera |
| (b) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 3 | 4 | 6 | 4 | 5 | 8 | 11 | 3 | 4 | 5 | 3 | 7 | 6 | 3 | Verão |
| 3 | 6 | 7 | 9 | 3 | 8 | 3 | 3 | 3 | 7 | 3 | 6 | 3 | 9 | 3 | Outono |
| 6 | 9 | 3 | 3 | 6 | 3 | 6 | 6 | 6 | 3 | 6 | 9 | 6 | 3 | 6 | Inverno |
| 9 | 3 | 6 | 6 | 9 | 6 | 9 | 9 | 9 | 6 | 9 | 12 | 9 | 6 | 9 | Primavera |
| (c) | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 5.4: AGCB – Recursos Limitados, (a) Proposta de solução, (b) Altura da vegetação, (c) Tempo desde a última manutenção.

5.2 Sistema Real

Devido a falta de informações tais como: sobre as espécies de vegetação que se encontram sob o rede de distribuição de energia elétrica da Figura 5.5, velocidade de crescimento de cada espécie; a quantidade de árvores/arbusto de cada espécie sob cada alimentador do sistema; quando foi realizada a última manutenção em cada árvore, optou-se por não trabalhar com informações concernentes à vegetação que se encontra sob cada alimentador. Dessa maneira, a equação de taxa de falta é obtida diretamente, através do modelo de curvas de dispersão não lineares (seção 3.2.1) não sendo necessário nenhum modelo para relacionar o crescimento da vegetação às taxas de faltas.

Os dados dos alimentadores do sistema da Figura 5.5 são dados no Apêndice A.

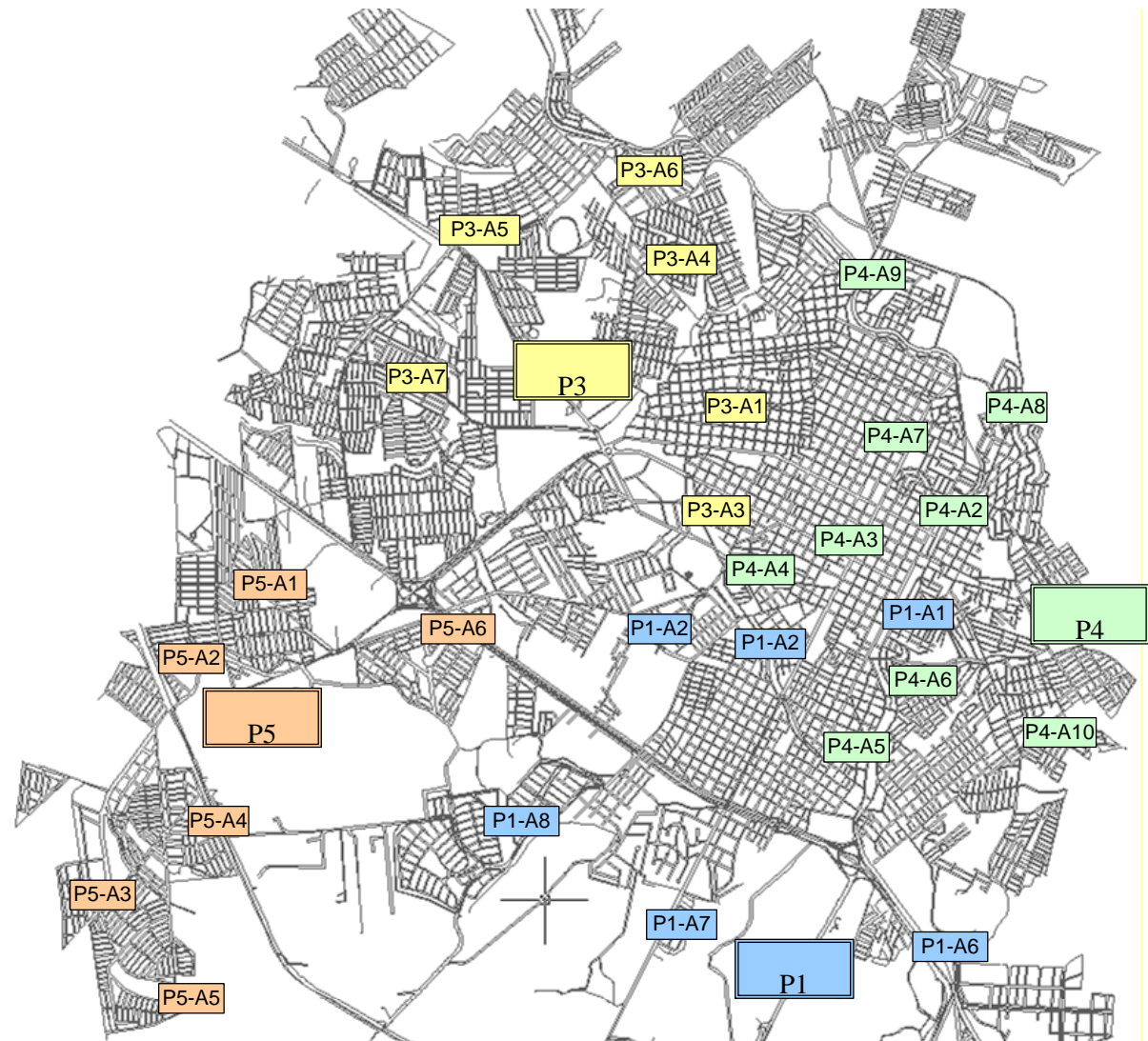


Figura 5.5: Sistema Real

5.2.1 Equação de Taxa de Falta

Os dados históricos de taxa de falta (Apêndice A) do sistema da Figura 5.5 foram manipulados no software MATLAB, para então gerar a função que melhor representa a relação entre os meses e as taxas de falta respectivamente de cada mês. O MATLAB é um ambiente para desenvolvimentos matemáticos, numéricos ou simbólicos, com recursos gráficos. Nele podem ser incorporados; as rotinas pré-definidas e pacotes para cálculos específicos.

Foi utilizada a função *cftool* (Curve Fitting Tool), que é uma ferramenta de regressão de funções do MATLAB, que possibilita uma análise de diversas funções que melhor se ajustam com o período em meses em função da taxa de falta do sistema de distribuição de energia elétrica. O uso desta função foi útil na identificação de parâmetros de resposta da taxa de falta do sistema de distribuição de energia elétrica devido a vegetação.

Para fazer o ajuste da taxa de falta utilizou-se um curva de distribuição Gaussiana. A Gaussiana é uma curva muito comum no tratamento estatístico de informações em todas as áreas do conhecimento. A equação que define uma curva Gaussiana é dada pela equação (5.2):

$$f(x) = \sum_{i=1}^n a_i \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-b_i}{c_i}\right)^2\right]} \quad (5.2)$$

Sendo:

n : números de picos da gaussiana;

a_i : altura do pico i ;

b_i : posição do máximos (Centro da Gaussiana) do pico i ;

c_i : Largura do pico i .

Para cada alimentador existe uma equação que melhor ajusta o comportamento da taxa de falta dos anos anteriores e melhor estima a taxa de falta para o próximo 12 meses. Em seguida, apresentam-se as equações das funções das taxas de faltas x tempo, obtidos através de simulações com os dados do Apêndice A.

$$\begin{aligned} \text{Alimentador} & : \lambda_1(x) = 0,000452 \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-4}{0,9575}\right)^2\right]} + 0,0001354 \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-12}{4,234}\right)^2\right]} \\ \text{P1-A1} & \qquad \qquad \qquad + 0,0002 \end{aligned} \quad (5.3)$$

$$\begin{aligned} \text{Alimentador} & : \lambda_2(x) = 0,0001811 \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-1}{1,146}\right)^2\right]} + 0,0001677 \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-4}{0,9157}\right)^2\right]} \\ \text{P1-A2} & \qquad \qquad \qquad + 0,0001054 \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-10}{1,088}\right)^2\right]} + 9,8148 \cdot 10^{-5} \end{aligned} \quad (5.4)$$

$$\begin{aligned} \text{Alimentador} & : \lambda_3(x) = 3,881 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-2}{1,206}\right)^2\right]} + 8,545 \cdot 10^{-6} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-5}{1,206}\right)^2\right]} \\ \text{P1-A4} & \qquad \qquad \qquad + 4,485 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-11}{148,3}\right)^2\right]} + 6,3025 \cdot 10^{-5} \end{aligned} \quad (5.5)$$

$$\begin{aligned} \text{Alimentador} & : \lambda_4(x) = 0,0001411 \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-8}{1,098}\right)^2\right]} + 8,412 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-11}{2,317}\right)^2\right]} \\ \text{P1-A6} & \qquad \qquad \qquad + 8,1061 \cdot 10^{-5} \end{aligned} \quad (5.6)$$

$$\begin{aligned} \text{Alimentador} & : \lambda_5(x) = 2,158 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-10}{0,7807}\right)^2\right]} + 4,792 \cdot 10^{-6} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-4}{291,9}\right)^2\right]} \\ \text{P1-A7} & \qquad \qquad \qquad + 1,2630 \cdot 10^{-5} \end{aligned} \quad (5.7)$$

$$\begin{aligned} \text{Alimentador} & : \lambda_6(x) = 4,836 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-11}{0,6519}\right)^2\right]} + 4,557 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-1}{0,9656}\right)^2\right]} \\ \text{P1-A8} & \qquad \qquad \qquad + 3,642 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-9}{0,7209}\right)^2\right]} + 2,075 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-4}{1,539}\right)^2\right]} \\ & \qquad \qquad \qquad + 3,1372 \cdot 10^{-5} \end{aligned} \quad (5.8)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Alimentador} & : \lambda_7(x) = 5,909 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-2}{0,6626}\right)^2\right]} + 1,887 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-12}{1,017 \cdot 10^7}\right)^2\right]} \\
 \text{P3-A1} & \quad + 1,11 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-6}{0,412}\right)^2\right]} + 1,113 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-8}{0,3122}\right)^2\right]} \\
 & \quad + 3,9355 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned} \tag{5.9}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Alimentador} & : \lambda_8(x) = 3,924 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-11}{2,332}\right)^2\right]} + 5,765 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-3}{2,293}\right)^2\right]} \\
 \text{P3-A3} & \quad + 3,8787 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned} \tag{5.10}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Alimentador} & : \lambda_9(x) = 6,161 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-1}{1,855}\right)^2\right]} + 6,056 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-9}{1,652}\right)^2\right]} \\
 \text{P3-A4} & \quad + 3,9373 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned} \tag{5.11}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Alimentador} & : \lambda_{10}(x) = 6,936 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-12}{1,691}\right)^2\right]} + 3,954 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-9}{1,898}\right)^2\right]} \\
 \text{P3-A5} & \quad + 3,6745 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned} \tag{5.12}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Alimentador} & : \lambda_{11}(x) = 0,0001107 \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-1}{1,253}\right)^2\right]} + 2,028 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-2}{2,574}\right)^2\right]} \\
 \text{P3-A6} & \quad + 3,7462 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned} \tag{5.13}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Alimentador} & : \lambda_{12}(x) = 0,0001886 \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-2}{1,092}\right)^2\right]} + 7,996 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-4}{1,716}\right)^2\right]} \\
 \text{P3-A7} & \quad + 8,6323 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned} \tag{5.14}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Alimentador} & : \lambda_{13}(x) = 9,461 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-2}{1,348}\right)^2\right]} + 2,393 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-11}{3,953}\right)^2\right]} \\
 \text{P4-A2} & \quad + 4,9663 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned} \tag{5.15}$$

$$\begin{aligned} \text{Alimentador} & : \lambda_{14}(x) = 7,254 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-12}{1,847}\right)^2\right]} + 5,045 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-2}{1,082}\right)^2\right]} \\ \text{P4-A3} & \qquad \qquad \qquad + 3,0645 \cdot 10^{-5} \end{aligned} \quad (5.16)$$

$$\begin{aligned} \text{Alimentador} & : \lambda_{15}(x) = 9,842 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-3}{0,8191}\right)^2\right]} + 3,553 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-10}{4,047}\right)^2\right]} \\ \text{P4-A4} & \qquad \qquad \qquad + 2,985 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-5}{1,177}\right)^2\right]} + 3,9285 \cdot 10^{-5} \end{aligned} \quad (5.17)$$

$$\begin{aligned} \text{Alimentador} & : \lambda_{16}(x) = 3,6 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-12}{3,132}\right)^2\right]} + 3,161 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-1}{1,647}\right)^2\right]} \\ \text{P4-A5} & \qquad \qquad \qquad + 1,8941 \cdot 10^{-5} \end{aligned} \quad (5.18)$$

$$\begin{aligned} \text{Alimentador} & : \lambda_{17}(x) = 0,0001996 \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-3}{1,102}\right)^2\right]} + 0,0001318 \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-12}{1,262}\right)^2\right]} \\ \text{P4-A6} & \qquad \qquad \qquad + 8,1353 \cdot 10^{-5} \end{aligned} \quad (5.19)$$

$$\begin{aligned} \text{Alimentador} & : \lambda_{18}(x) = 4,502 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-4}{1,307}\right)^2\right]} + 3,434 \cdot 10^{-7} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-3}{5,933}\right)^2\right]} \\ \text{P4-A7} & \qquad \qquad \qquad + 1,87639 \cdot 10^{-5} \end{aligned} \quad (5.20)$$

$$\begin{aligned} \text{Alimentador} & : \lambda_{19}(x) = 0,0001991 \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-3}{1,001}\right)^2\right]} + 0,0001999 \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-12}{0,5044}\right)^2\right]} \\ \text{P4-A8} & \qquad \qquad \qquad + 2,46 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-11}{1,065}\right)^2\right]} + 7,4143 \cdot 10^{-5} \end{aligned} \quad (5.21)$$

$$\begin{aligned} \text{Alimentador} & : \lambda_{20}(x) = 6,784 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-11}{1,105}\right)^2\right]} + 3,062 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-1}{2,056}\right)^2\right]} \\ \text{P4-A9} & \qquad \qquad \qquad + 2,6395 \cdot 10^{-5} \end{aligned} \quad (5.22)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Alimentador} & : \lambda_{21}(x) = 0,0001702 \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-10}{0,7045}\right)^2\right]} + 8,314 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-1}{0,8479}\right)^2\right]} \\
 \text{P4-A10} & \qquad \qquad \qquad + 8,628 \cdot 10^{-7} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-5}{31,1}\right)^2\right]} + 4,4577 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned} \tag{5.23}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Alimentador} & : \lambda_{22}(x) = 7,282 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-5}{0,8373}\right)^2\right]} + 7,897 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-2}{1,342}\right)^2\right]} \\
 \text{P5-A1} & \qquad \qquad \qquad + 4,23 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-11}{1,507}\right)^2\right]} + 5,0707 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned} \tag{5.24}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Alimentador} & : \lambda_{23}(x) = 0,0002951 \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-0,9501}{0,8913}\right)^2\right]} - 0,0008141 \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-0,2311}{0,7621}\right)^2\right]} \\
 \text{P5-A2} & \qquad \qquad \qquad + 2,0207 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned} \tag{5.25}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Alimentador} & : \lambda_{24}(x) = 5,752 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-5}{0,8675}\right)^2\right]} + 5,861 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-3}{1,205}\right)^2\right]} \\
 \text{P5-A3} & \qquad \qquad \qquad + 4,23 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-11}{1,442 \cdot 10^4}\right)^2\right]} + 4,5466 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned} \tag{5.26}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Alimentador} & : \lambda_{25}(x) = 5,863 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-1}{0,6741}\right)^2\right]} + 6,768 \cdot 10^{-7} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-12}{32,82}\right)^2\right]} \\
 \text{P5-A4} & \qquad \qquad \qquad - 3,223 \cdot 10^{-7} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-3}{0,9863}\right)^2\right]} + 1,8423 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned} \tag{5.27}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Alimentador} & : \lambda_{26}(x) = 5,827 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-8}{0,672}\right)^2\right]} + 2,831 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-12}{1,497}\right)^2\right]} \\
 \text{P5-A5} & \qquad \qquad \qquad + 1,04 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-2}{3,954 \cdot 10^6}\right)^2\right]} + 2,6483 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned} \tag{5.28}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Alimentador} & : \lambda_{27}(x) = 3,086 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-3}{1,984}\right)^2\right]} + 3,287 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left[-\left(\frac{x-12}{1,613}\right)^2\right]} \\
 \text{P5-A6} & \qquad \qquad \qquad + 2,4045 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned} \tag{5.29}$$

5.2.2 Função Objetivo

Para simular este sistema com as informações disponíveis o modelo de função objetivo proposto teve que passar por algumas simplificações. Desta forma, a nova função objetivo do problema de manutenção da vegetação sob o sistema de distribuição de energia elétrica de otimização é construída a partir dos parâmetros envolvidos no problema. Ela fornece uma medida da proximidade da solução em relação a um conjunto de parâmetros., sendo necessário conhecer:

- O número de alimentadores K com suas taxas de falta λ_k (equações fornecidas na subseção anterior), o número de transformadores e demanda máxima (W_k).
- A tarifa dada pela Tabela 5.8;
- Distância entre os transformadores e a subestação do alimentador;
- Comprimento total do alimentador;
- Número de consumidores da subestação e de cada alimentador

$$\text{Min } C = C_0 + \sum_{k=1}^K \left[\left(DR\% C_R + DI\% C_I + DC\% C_C \right) \left(\sum_{tr=1}^{TRk} D(tr,k) P(tr,k) \right) \lambda(t,k) \right] \cdot ri + (C_{man}(k)l(k)) \quad (5.30)$$

Sujeito a:

$$\sum_{k=1}^{NA} \sum_{t=1}^T (C_{man}(k,t)l(k) - C_{esp}) \leq 0 \quad (5.31)$$

$$\sum_{k=1}^{NA} \sum_{est=1}^{EST} l^{est}(k) - L_{esp}^{est} \leq 0 \quad (5.32)$$

$$\frac{\sum_{K=1}^{NA} \lambda_k \cdot NC_k}{NCT} - FEC \leq 0 \quad (5.33)$$

Sendo:

$$C_0 = \sum_{k=1}^{27} \left[\left(DR\% \cdot C_R + DI\% \cdot C_I + DC\% \cdot C_C \right) \left(\sum_{tr=1}^{TRk} D(tr,k) P(tr,k) \right) \left(\lambda(t_o,k) \right) \right]$$

- DR, DI, DC : Porcentagem da demanda máxima por alimentador residencial, industrial e comercial, respectivamente;
- C_R, C_I, C_C : Tarifa média por classe consumidora;
- D : Distância entre o transformador do alimentador k e sua subestação;
- P : Potência ativa (W);
- EST : Número de estações.

Tabela 5.8: Tarifas (R\$/MWh) Médias por Classe de Consumo referentes ao ano 2007. (ANEEL, 2007)

| Classe de Consumo | Norte | Nordeste | Sudeste | Sul | Centro-Oeste |
|---------------------------|--------|----------|---------|--------|--------------|
| Residencial | 289,40 | 278,78 | 303,11 | 274,43 | 302,72 |
| Industrial | 219,71 | 209,11 | 222,79 | 207,74 | 219,80 |
| Comercial | 288,23 | 292,50 | 272,47 | 249,27 | 284,64 |
| Rural | 214,94 | 172,48 | 192,86 | 147,97 | 192,52 |
| Poder Público | 303,69 | 320,44 | 287,32 | 269,81 | 294,23 |
| Iluminação Pública | 164,46 | 171,98 | 167,88 | 143,98 | 164,79 |
| Serviço Público | 195,36 | 185,78 | 197,29 | 179,75 | 186,54 |
| Consumo Próprio | 285,91 | 307,18 | 291,71 | 233,81 | 30115 |
| Tarifa Média Total | 262,54 | 251,08 | 261,90 | 226,38 | 260,83 |

Tabela 5.9: Metas Anuais de DEC e FEC da cidade estudada. (ANEEL, 2007)

| Conjunto | DEC | | | | FEC | | | |
|--|-------|------|------|------|--------------|------|------|------|
| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| Cidade do Interior de São Paulo | 7 | 6 | 6 | 6 | 9 | 7 | 7 | 7 |
| | Horas | | | | Interrupções | | | |

A meta estabelecida pela ANEEL para o FEC de 2009 é 9, como o objetivo desta dissertação é a análise das interrupções devido à vegetação, juntamente com dados de concessionárias de distribuição de energia elétrica e através de ferramentas estatísticas, dentre as variáveis que compõem o FEC, a parcela apenas das interrupções devido à vegetação é algo em torno de 22,22% do montante total da meta FEC 2009, ou seja, é definido um FEC igual a 2 em alguns testes realizados.

Atualmente nas concessionárias de energia, a manutenção da vegetação é feita por inspeção visual, um funcionário é responsável em verificar alimentador por alimentador, observando a altura da vegetação, e inferir se esta está oferecendo riscos para o sistema. Outra forma que se faz esta manutenção na vegetação é quando a equipe de manutenção de redes da concessionária, durante alguma manutenção em algum alimentador, se depara com uma vegetação que oferece perigo à continuidade de fornecimento e, este mesmo setor não está compreendido nos programas de manutenção de vegetação. Assim, é designada uma equipe para tal manutenção.

É importante notar que ambos os métodos de manutenção da vegetação são de forma empírica e não apresentam nenhuma continuidade para próximas manutenções, sendo apenas dependentes de intempéries que fogem ao controle do homem.

Outros dados utilizados nos testes são apresentados a seguir:

- O valor pago para ser realizada a manutenção é em torno de R\$17,40 por árvore. A empresa da manutenção deve podar as árvores e retirar os galhos das vias públicas. Como não é possível ter o número de árvores por alimentador, neste trabalho optou-se por trabalhar o custo por metro, mas para isso foi necessário estimar em média o número de árvores a cada 100 metros. Estimou-se aproximadamente 8 árvores a cada 100 m, obtendo desta forma o custo por metro de R\$1,39.
- A disponibilidade da equipe é dividida por trimestre, para o primeiro trimestre do ano a disponibilidade de manutenção é de 171.900 metros a cada trimestre
- O valor anual disponibilizado pela empresa para ser executada a manutenção da vegetação é de R\$950.000,00.

Os parâmetros utilizados para simulação com o AGCB são dados na Tabela 5.10.

Tabela 5.10: AGCB– Parâmetros de controle

| <i>TamPop</i> | <i>NumGeração</i> | ρ_m | C_{esp} (R\$) | L'_{esp} (m) |
|---------------|-------------------|----------|-----------------|----------------|
| 800 | 2000 | 0,1 | 950.000,00 | 687.600 |

5.2.3 Resultados dos testes

- Teste 1 - meta FEC igual a zero: neste caso não é permitido que ocorra nenhum desligamento no sistema devido a vegetação. Considera-se que houve interrupção no

sistema quando o tempo desde a última manutenção é maior que 9 meses e não é realizado a manutenção da vegetação neste momento.

A Figura 5.6 (a) representa o cromossomo de solução proposta para o problema de manutenção da vegetação quando a meta FEC é igual a zero, neste caso, é realizada a manutenção em todos os alimentadores, não havendo interrupção no sistema devido a vegetação não violando a restrição de confiabilidade.

Cada linha da Figura 5.6 (b) representa o tempo desde a última atividade de manutenção para cada trimestre do ano.

O custo total para essa solução proposta é R\$ 747.339,49, sendo o valor da manutenção da vegetação de R\$ 746.211,98, o comprimento total do alimentador que foi realizado a manutenção é 536.843,15 metros e custo da energia não suprida R\$/Wh é R\$ 1 127,51.

- Teste 2 - meta FEC igual a 2:

Pode ocorrer desligamento de modo que o FEC calculado não ultrapasse o valor 2.

A Figura 5.7 (a) representa a solução proposta para o problema de manutenção da vegetação quando a meta FEC é igual a 2, neste caso observa-se que houve alimentadores em que não foi realizada a manutenção da vegetação no período de um ano, isso acontece devido ao fato de que o custo da energia não suprida (ENS) estimado é bem menor do que o custo para realizar a manutenção da vegetação no alimentador, então é preferível pagar pela energia não distribuída, do que realizar a manutenção. O custo da ENS neste caso é priorizado no modelo, diferente do teste em que se prioriza a meta do FEC que é igual a zero. Economizam-se custos com a manutenção do sistema. O Gráfico 5.3 mostra o comportamento do algoritmo para encontrar a melhor solução, e o Gráfico 5.4 mostra o comportamento das soluções incumbentes do algoritmo

A restrição de confiabilidade do sistema, equação (5.33), permite que ocorra interrupção sem que a concessionária de energia seja multada, pois os desligamentos acontecem de modo que a restrição da confiabilidade do sistema não seja violada. Na Figura 5.7 (b) apresenta-se o tempo desde a última atividade de manutenção.

O custo total para essa solução proposta é R\$ 715.099,19, sendo o valor da manutenção da vegetação de R\$ 701.238,93, o comprimento total do alimentador que foi realizado a manutenção é 504.488,44 metros e o custo da energia não suprida R\$/Wh é R\$ 13 860,23.

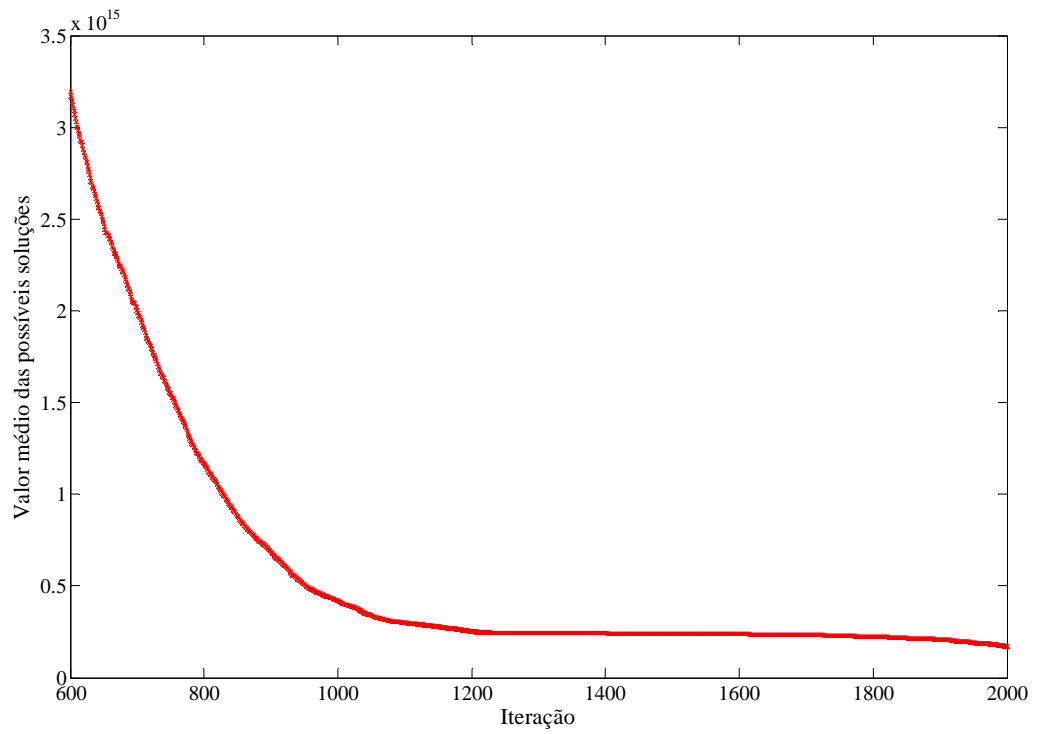


Gráfico 5.3: Comportamento do algoritmo do sistema real.

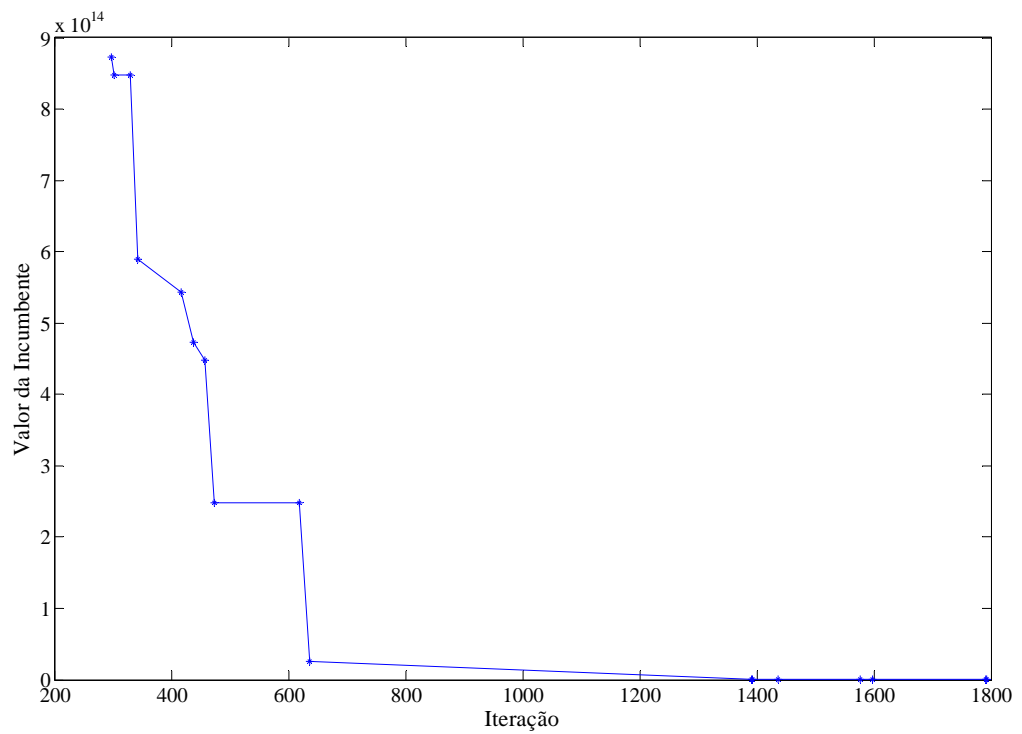


Gráfico 5.4: Comportamento da solução incumbente do sistema real.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|---|----|----|----|---|---|----|---|----|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|---|---|----|---|---|--------------|--------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1° Trimestre | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2° Trimestre | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3° Trimestre | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 4° Trimestre |
| (a) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 3 | 3 | 14 | 11 | 15 | 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 12 | 11 | 12 | 1 | 1 | 11 | 8 | 7 | 7 | 8 | 7 | 8 | 1° Trimestre | |
| 6 | 6 | 6 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 7 | 7 | 7 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 11 | 3 | 3 | 11 | 3 | 3 | 2° Trimestre | |
| 3 | 3 | 9 | 6 | 6 | 6 | 3 | 3 | 10 | 3 | 10 | 3 | 6 | 3 | 3 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 6 | 3 | 6 | 3 | 3 | 6 | 6 | 3° Trimestre | |
| 3 | 6 | 3 | 3 | 9 | 9 | 3 | 6 | 3 | 6 | 3 | 3 | 3 | 6 | 6 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 9 | 6 | 9 | 6 | 6 | 9 | 9 | 4° Trimestre | |
| (b) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 5.6:FEC igual a zero (a): Proposta de solução, (b) Tempo desde a última manutenção.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|---|----|----|----|----|---|---|---|----|---|----|---|----|----|----|----|---|---|----|----|----|---|----|----|----|--------------|--------------|--------------|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1° Trimestre | | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2° Trimestre | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3° Trimestre | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 4° Trimestre |
| (a) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 3 | 3 | 14 | 11 | 15 | 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 12 | 11 | 12 | 1 | 1 | 11 | 8 | 7 | 7 | 8 | 7 | 8 | 1° Trimestre | | |
| 6 | 3 | 6 | 17 | 14 | 3 | 9 | 9 | 3 | 7 | 7 | 5 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 15 | 4 | 3 | 14 | 11 | 10 | 3 | 11 | 10 | 10 | 2° Trimestre | | |
| 9 | 3 | 3 | 3 | 17 | 6 | 12 | 3 | 6 | 3 | 10 | 8 | 7 | 6 | 7 | 6 | 3 | 18 | 7 | 6 | 3 | 3 | 13 | 6 | 14 | 13 | 3 | 3° Trimestre | | |
| 12 | 6 | 6 | 3 | 20 | 9 | 15 | 6 | 9 | 6 | 3 | 3 | 10 | 9 | 10 | 9 | 6 | 21 | 3 | 9 | 3 | 6 | 3 | 9 | 3 | 17 | 6 | 4° Trimestre | | |
| (b) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 5.7: FEC igual a 2 (a)Proposta de Solução, (b) Tempo desde a última manutenção

5.2.4 Aumento dos Custos da Energia não Suprida Estimada

Na seção 5.2.3 encontrou-se valores muito baixos para a energia não suprida, o que não acontece na realidade, devido estes valores terem sido aqui calculados por valores de energia consumida e, não por valores de energia não suprida, valores esses que não foram encontrados de forma organizada e confiável nos meios de pesquisa. Sendo assim, os custos da energia não suprida podem ser considerados aproximadamente de 10 a 20 % do valor do custo da manutenção da vegetação. Estes valores pequenos encontrados para a energia não suprida na seção 5.2.3, acontece devido aos valores da tarifa média por classe de consumo, conforme apresentadas na Tabela 5.8.

Ainda, pode-se afirmar, com base nas explicações anteriormente comentadas neste trabalho, que o intervalo de variação de 10 a 20 % do valor do custo da manutenção da vegetação é dado de acordo com dados estatísticos obtidos através de pesquisa em arquivos de manutenção nas concessionárias de distribuição.

Para testar o sistema quando o custo da energia não suprida está no intervalo de 10 a 20% do custo da manutenção, multiplicou as tarifas médias por classe de consumo (Tabela 5.8) por um fator 100.

A disponibilidade da equipe por trimestre é 191.900 metros, custo de manutenção disponibilizada pela empresa de R\$ 950.000,00. Os parâmetros de controle são apresentados na Tabela 5.10.

Com as equações (5.30)-(5.33) encontrou-se os seguintes resultados:

- quando meta FEC é igual a zero:

Na figura 5.8(a) mostra-se a proposta de solução para o problema de manutenção da vegetação quando a meta FEC é igual zero, com os valores representados na Tabela 5.11:

Tabela 5.11: Valores encontrados pelo AGCB (Aumento da ENS e FEC igual a zero).

| Custo Total (R\$) | Custo Energia Não Suprida (R\$) | Distância total de Manutenção (m) | Custo Manutenção (R\$) |
|------------------------------|--|--|-----------------------------------|
| 879.594,68 | 98.124,39 | 562.208,84 | 781.470,29 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------|--------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1° Trimestre | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2° Trimestre |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3° Trimestre | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4° Trimestre | |

(a)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|----|----|----|---|----|----|----|---|---|---|----|---|----|----|----|----|---|----|---|----|----|----|----|----|--------------|
| 3 | 3 | 3 | 14 | 11 | 15 | 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 12 | 11 | 12 | 1 | 1 | 11 | 8 | 7 | 7 | 8 | 7 | 8 | 1° Trimestre |
| 6 | 6 | 6 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 7 | 7 | 7 | 5 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 10 | 10 | 11 | 10 | 10 | 2° Trimestre |
| 3 | 3 | 9 | 6 | 6 | 6 | 3 | 12 | 10 | 10 | 3 | 3 | 6 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 6 | 6 | 13 | 13 | 3 | 3 | 3 | 3° Trimestre |
| 6 | 6 | 3 | 9 | 9 | 9 | 6 | 3 | 3 | 3 | 6 | 6 | 3 | 10 | 3 | 9 | 9 | 9 | 10 | 3 | 9 | 9 | 3 | 3 | 6 | 6 | 3 | 4° Trimestre |

(b)

Figura 5.8: Aumento da ENS e FEC igual a zero (a): Proposta de solução, (b) Tempo desde a última manutenção.

- quando a meta FEC é igual a dois:

Na figura 5.9(a) mostra-se a proposta de solução para o problema de manutenção da vegetação quando a meta FEC é igual a dois, com os valores apresentados na Tabela 5.12:

Tabela 5.12: Valores encontrados pelo AGCB (Aumento da ENS e FEC igual a dois).

| Custo Total (R\$) | Custo Energia Não Suprida (R\$) | Distância total de Manutenção (m) | Custo Manutenção (R\$) |
|------------------------------|--|--|-----------------------------------|
| 836.645,50 | 101.221,70 | 529.081,87 | 735.423,80 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1º Trimestre |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2º Trimestre |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3º Trimestre |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4º Trimestre |

(a)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|----|----|----|---|---|---|----|----|---|---|---|---|----|----|----|---|----|----|---|----|---|---|----|----|--------------|
| 3 | 3 | 3 | 14 | 11 | 15 | 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 12 | 11 | 12 | 1 | 1 | 11 | 8 | 7 | 7 | 8 | 7 | 8 | 1º Trimestre |
| 3 | 6 | 6 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 7 | 7 | 7 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 10 | 3 | 3 | 10 | 10 | 2º Trimestre |
| 6 | 3 | 9 | 6 | 6 | 6 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 8 | 6 | 3 | 7 | 6 | 6 | 6 | 3 | 7 | 3 | 6 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3º Trimestre |
| 3 | 6 | 3 | 3 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 6 | 3 | 9 | 9 | 9 | 6 | 10 | 6 | 9 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 4º Trimestre |

(b)

Figura 5.9: Aumento da ENS e FEC igual a dois, (a)Proposta de Solução, (b) Tempo desde a última manutenção.

VI – Considerações Finais

O modo como a arborização urbana é feita pode afetar positiva ou negativamente a qualidade de vida de uma comunidade. Com o crescimento das cidades, muitas espécies tornaram-se inadequadas para as vias urbanas, e são necessárias alterações na arborização para que a rede elétrica não sofra interferências, prejudicando a qualidade do serviço de fornecimento e degradando os índices de confiabilidade de empresa distribuidora. É muito comum encontrar árvores e redes elétricas disputando o mesmo espaço nas cidade, causando assim prejuízos a todos os setores da sociedade, dentre eles, o afrouxamento de conexões que ligam condutores aos demais componentes da rede, desligamento da rede, queima de aparelhos domésticos e equipamentos industriais, prejuízo ao comércio e indústrias decorrentes da falta de energia, transtorno em hospitais, escolas, perda de faturamento, para evitar todos esse transtornos é necessário evitar o crescimento desordenado da vegetação, para isso é preciso realizar podas programadas.

Neste trabalho é apresentado um modelo de programação não linear binária dinâmica para determinar quando e onde deve ser efetuada a manutenção da vegetação e atender critérios econômicos, técnicos e de confiabilidade. Para solução deste modelo propõe-se o algoritmo genético de Chu-Beasley (AGCB) dedicado à solução deste problema

O algoritmo implementado a partir da metodologia apresentada foi testado para um sistema fictício de distribuição de energia elétrica. Os resultados obtidos através da metodologia proposta são comparados com os resultados encontrados pela técnica heurística, e verifica-se a robustez e eficiência da metodologia desenvolvida que obtém resultados melhores que o método heurístico que propõe um plano de manutenção sem que ocorram desligamentos no sistema de distribuição devido ao crescimento da vegetação.

Observando os resultados da Tabela 5.6, verifica-se que para um planejamento futuro da vegetação sob o sistema elétrico, deve-se procurar plantar espécie de árvores que combinam bom conforto técnico e baixa velocidade de crescimento.

O modelo de Taxa de Falta utilizado neste trabalho para o sistema fictício não é aconselhável, pois o modelo se aplica para condições em que existe apenas um tipo de vegetação sob o sistema elétrico, o que é pouco provável de acontecer, na maioria dos casos, existe vários tipos de vegetação sob um mesmo alimentador, com taxas de crescimento distintas. Além disso, essas taxas de crescimento da vegetação são difíceis de serem estimadas, pois elas estão totalmente relacionadas aos fatores climáticos.

Devido a este fato, para o sistema da Figura 5.5 foi desenvolvido novas equações de taxa de falta, na qual não é necessário conhecer as espécies de vegetação que se encontra sob o sistema elétrico, e nem a velocidade de crescimento de cada espécie. Para cada alimentador do sistema existe uma equação de taxa de falta que melhor representa a taxa de falta histórica do sistema.

O indicador FEC é uma importante ferramenta utilizada pela ANEEL para supervisionar e avaliar a continuidade da distribuição de energia elétrica pelas concessionárias. Nesta dissertação a restrição de confiabilidade do sistema, equação (5.33) garante a confiabilidade do sistema, e que a concessionária de energia não pagará multas devido a interrupções no sistema devido a interferência da vegetação.

A atuação efetiva sobre a arborização urbana constitui elemento chave para a imagem e eficiência das concessionárias de energia, pelos dados expressos nas Tabelas A4, A5, A6, A7 e pelo Gráfico A1 do Anexo A, observa-se que o número de interrupções devido a vegetação no sistema de distribuição vem crescendo consideravelmente ao longo dos anos.

Faz-se imperioso, portanto, que a questão da arborização passe a receber tratamento técnico, objetivo e racional, no qual se obtenha soluções eficazes e duradoras, de forma a garantir uma convivência harmoniosa entre esta e a rede de distribuição, proporcionando maior eficiência e qualidade aos serviços da concessionária. (CESP, 1995).

Mesmo com a utilização de tecnologias de redes mais sofisticadas e onerosas, como o emprego de cabos isolados, não possibilita o completo equacionamento da questão, já que o contínuo contato da vegetação nestes cabos provoca, com o passar do tempo, sua deteriorização, fato que requer, embora em níveis menos rigorosos, a adequação da vegetação urbana.

É importante notar que, até o momento as empresas utilizam uma metodologia empírica de análise da poda da vegetação e este estudo propõe um modelo matemático que engloba todas as variáveis envolvidas no problema objetivando minimizar o custo desta manutenção de forma a obedecer as normas em vigor relacionadas com a confiabilidade do sistema.

Para a melhoria das qualidades de vida e de fornecimento de energia elétrica nas cidades faz-se necessário o envolvimento da administração pública e de setores da sociedade (associações de bairro, igrejas, clubes, escola) para a implantação de arborização adequada, no sentido de compatibilizar as vegetações com todos os elementos que compõe a cidade. Através dessa ação, torna-se possível obter do verde urbano os benefícios que lhe são potenciais na manutenção da qualidade ambiental. Desta forma, futuros desenvolvimentos deste trabalho devem contemplar:

- Obtenção de dados estatísticos da interferência das diferentes espécies vegetais nos índices de confiabilidade das redes de distribuição, com vistas ao planejamento da adequação da arborização sob a rede;
- Adequar o modelo matemático proposto para estudos de viabilidade econômica de adequação da vegetação urbana, em função do número de desligamentos, multas que a empresa esta sujeita por não atender os índices de confiabilidade e o uso de condutores isolados, multiplexados, etc.

VII – Referência

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Tarifas médias por classe de consumo.** [S.l.]: ANEEL, 2007. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/tarifamedia/default.cfm>>. Acesso em: 20 fev. 2008.

BILLINTON, R.; BILLINTON, J.E. Distribution system reliability indices. **IEEE Transactions on Power Delivery**, New York, v.4, n.1, p. 561-568, 1989.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO - CESP. **Guia de arborização.** São Paulo: CESP, 1995. 33p.

CHOWDHURY, A.A.; KOVAL, D.O. Value-based distribution system reliability planning. **IEEE Transactions on Industry Applications**, Edmonton, v.34, n.1, 1998, p. 23 – 29.

COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO ESTADO DA BAHIA - COELBA – Grupo IBERDROLA. **Guia de Arborização Urbana.** Euclides da Cunha: COELBA, 2002. 32 p.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ- CPFL. **Planejamento e controle da arborização na coexistência com o sistema elétrico.** São Paulo: CPFL, 2003. 19p.

ELETROPAULO. **Guia de arborização urbana:** manual de poda. São Paulo: ELETROPAULO, 2003. 74 p.

GLOVER, F.E.; KOCHENBERGER, G.A. **Handbook of metaheuristics.** Boston :Kluwer Academic Publishers, 2003. 574p.

KUNTZ, D.T.; CHRISTIE, R.D., VENKATA, S.S. Optimal vegetation maintenance scheduling of overhead electric power distribution systems. **IEEE Transactions on Power Delivery**, New York, v.17, n.4, p.1164-1169, 2002.

MICHALEWICZ, Z. **Genetic algorithm + data structures = evolution programs**. 2nd ed. New York: Springer-Verlag. 1994. 387 p.

OLIVEIRA JUNIOR, A. V. C. **Redução dos custos de empresas de distribuição de energia através da adequação da arborização urbana**. São Paulo: CESP, 1996. 9 p.

PIVETTA, K. F. L.; DEMATTÊ, M. E. S. P.; LIMA, S. F.; DONEGÁ, I.M. Caracterização e análise da arborização de Ilha Solteira, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1; ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 4, 1992, Vitória. **Anais...** Vitória: PMV/SMMA, 1992. p.449.

PIVETTA, K. F. L; SILVA FILHO, D.F. **Arborização urbana**. Jaboticabal: UNESP/Jaboticabal, 2002. 74 p. (Boletim Acadêmico informativo).

RADMER,D.T.; KUNTZ,P.A.; CHRISTIE,R.D.; VENKATA,S.S.; FLETCHER,R.H. Predicting vegetation - related rates for overhead distribution feeders. **IEEE Transactions on Power Delivery**, Seattle, v.17, n.4, p.1170-1175, 2002.

REEVES, C. R. **Modern heuristic techniques for combinatorial problems**. Oxford: Blackwell Scientific, 1993. 320p.

REIS, P.A., FILHO, C.L.; CAVELLUCI, C.; ZUBEN, F.J.V.; USBERTI, F.L.; GONZÁLES, J.F.V.; COELHO, G.P.; FERREIRA, H.m. Problema de alocação ótima de manutenção: formulação e estudo de caso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 40, 2008, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBPO, 2008. p. 448-459.

SILVA, I.J.; RIDER, M.J.; ROMERO, R.; MURARI, C.A. Transmission network expansion planning considering uncertainty in demand. **IEEE Transactions on Power Delivery**, São Francisco, v. 2, n.1, p.1424 - 1429, 2005.

SITZ, R. A. A poda em árvores urbanas. In: CURSO EM TREINAMENTO SOBRE PODA EM ESPÉCIES ARBÓREAS FLORESTAIS E DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1., 1996, Piracicaba. **Manual ...** São Paulo: CESP, 1996. 27p.

VELASCO, G. D. N. **Arborização viária x sistema de distribuição de energia elétrica: avaliação dos custos, estudo das podas e levantamento de problemas fitotécnicos**, Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

Apêndice A – Dados dos Alimentadores do Sistema Real

Tabela A1: Comprimento(m) e demanda máxima (W) dos alimentadores

| Alimentador | Comprimento(m) | Demanda |
|-------------|----------------|----------|
| P1 - A1 | 5838,95 | 1351,65 |
| P1 - A2 | 13022,83 | 4612,02 |
| P1 - A4 | 12667,61 | 4861,68 |
| P1 - A6 | 3559,12 | 264,12 |
| P1 - A7 | 20374,14 | 167,24 |
| P1 - A8 | 22074,58 | 4028,19 |
| P3 - A1 | 8114,53 | 2393,76 |
| P3 - A3 | 13747,03 | 4446,71 |
| P3 - A4 | 23377,46 | 8367,56 |
| P3 - A5 | 31653,6 | 6116,57 |
| P3 - A6 | 47940,03 | 4182,02 |
| P3 - A7 | 12631,55 | 3449,35 |
| P4 - A2 | 5963,19 | 2719,83 |
| P4 - A3 | 10464,66 | 4727,48 |
| P4 - A4 | 12111,93 | 4322,47 |
| P4 - A5 | 20772,73 | 5651,33 |
| P4 - A6 | 10605,95 | 3217,34 |
| P4 - A7 | 17946,38 | 76092,51 |
| P4 - A8 | 23799,49 | 7088,70 |
| P4 - A9 | 31230,91 | 3713,75 |
| P4 - A10 | 14908,38 | 2250,88 |
| P5 - A1 | 26660,09 | 5126,22 |
| P5 - A2 | 3605,46 | 541,15 |
| P5 - A3 | 5492,24 | 340,81 |
| P5 - A4 | 8084,65 | 1575,49 |
| P5 - A5 | 10964,35 | 3008,74 |

Tabela A1: Comprimento(m) e demanda máxima(W) dos alimentadores

| Alimentador | Comprimento(m) | Demanda |
|-------------|----------------|---------|
| P5 - A6 | 28347,67 | 4540,39 |

Tabela A2: Números de consumidores por classe

| Alimentador | Número de Consumidores por Classe | | | Total |
|-------------|-----------------------------------|------------|-----------|-------|
| | Residencial | Industrial | Comercial | |
| P1 - A1 | 2130 | 49 | 676 | 2855 |
| P1 - A2 | 3072 | 64 | 442 | 3578 |
| P1 - A4 | 2559 | 57 | 467 | 3083 |
| P1 - A6 | 309 | 11 | 37 | 357 |
| P1 - A7 | 168 | 25 | 19 | 212 |
| P1 - A8 | 1481 | 337 | 293 | 2111 |
| P3 - A1 | 1992 | 50 | 431 | 2473 |
| P3 - A3 | 2080 | 71 | 384 | 2535 |
| P3 - A4 | 6809 | 130 | 353 | 7292 |
| P3 - A5 | 5451 | 169 | 338 | 5958 |
| P3 - A6 | 6900 | 75 | 195 | 7170 |
| P3 - A7 | 2908 | 54 | 212 | 3174 |
| P4 - A2 | 756 | 24 | 819 | 1599 |
| P4 - A3 | 2090 | 35 | 689 | 2814 |
| P4 - A4 | 3753 | 62 | 1008 | 4823 |
| P4 - A5 | 3264 | 58 | 399 | 3721 |
| P4 - A6 | 3697 | 33 | 202 | 3932 |
| P4 - A7 | 3318 | 42 | 425 | 3785 |
| P4 - A8 | 3494 | 62 | 247 | 3803 |
| P4 - A9 | 4470 | 52 | 164 | 4686 |
| P4 - A10 | 2319 | 79 | 83 | 2481 |
| P5 - A1 | 5215 | 101 | 349 | 5665 |
| P5 - A2 | 479 | 16 | 32 | 527 |
| P5 - A3 | 131 | 13 | 28 | 172 |
| P5 - A4 | 1284 | 77 | 94 | 1455 |
| P5 - A5 | 3083 | 26 | 145 | 3254 |
| P5 - A6 | 2689 | 182 | 257 | 3128 |

Tabela A3: Taxa de Falta (faltas/m)

| Alimentador | Taxa de | | Faltas | |
|-------------|------------|------------|------------------|----------------|
| | 2004 | 2005 | (faltas/ 2006 | m-ano) 2007 |
| P1 - A1 | 0,00017 | 0,00137 | 0,0024 | 0,00034 |
| P1 - A2 | 0,00031 | 0,00069 | 0,00115 | 0,00131 |
| P1 - A4 | 0,00032 | 0,00055 | 0,00071 | 0,00118 |
| P1 - A6 | 0,00028 | 0,00028 | 0,00084 | 0,00112 |
| P1 - A7 | 0,00015 | 0 | 4,9*10(-5) | 0,0001 |
| P1 - A8 | 0 | 4,5*10(-5) | 0,00059 | 0,00045 |
| P3 - A1 | 0,00025 | 0 | 0,00025 | 0,00049 |
| P3 - A3 | 7,3*10(-5) | 0,00022 | 0,00029 | 0,000109 |
| P3 - A4 | 0,00038 | 0,00038 | 0,0006 | 0,00038 |
| P3 - A5 | 0,00019 | 0,00066 | 0,00035 | 0,00057 |
| P3 - A6 | 0,0001 | 0,0001 | 0,00033 | 0,00006 |
| P3 - A7 | 0,00016 | 0,00048 | 0,00127 | 0,00111 |
| P4 - A2 | 0,00034 | 0 | 0,00017 | 0,00101 |
| P4 - A3 | 0 | 0 | 0,00048 | 0,00048 |
| P4 - A4 | 0,00017 | 0,00041 | 0,00074 | 0,0005 |
| P4 - A5 | 0,00014 | 9,6*10(-5) | 0,00034 | 0,00024 |
| P4 - A6 | 9,4*10(-5) | 9,4*10(-5) | 0,00094 | 0,00113 |
| P4 - A7 | 0 | 0 | 0 | 0,0005 |
| P4 - A8 | 8,4*10(-5) | 4,2*10(-5) | 0,00025 | 0,00055 |
| P4 - A9 | 6,4*10(-5) | 0,00035 | 0,00029 | 0,00045 |
| P4 - A10 | 6,7*10(-5) | 6,7*10(-5) | 0,0004 | 0,00013 |
| P5 - A1 | 0,00011 | 0,00041 | 0,00056 | 0,00075 |
| P5 - A2 | 0 | 0 | 0,00028 | 0,00028 |
| P5 - A3 | 0 | 0,00036 | 0 | 0,00091 |
| P5 - A4 | 0 | 0,00012 | 0,00037 | 0,00025 |
| P5 - A5 | 9,1*10(-5) | 0,00018 | 0,00027 | 0,00046 |
| P5 - A6 | 0 | 0,00014 | 0,00018 | 0,00049 |

Tabela A5: Número de Falta em 2005

| Alimentador | P1-A1 | P1-A2 | P1-A4 | P1-A6 | P1-A7 | P1-A8 | | | |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|--|--|
| Número de Faltas | 20/1/2005 | 24/4/2005 | 21/1/2005 | 16/11/2005 | | 22/12/2005 | | | |
| | 25/2/2005 | 24/4/2005 | 20/2/2005 | | | | | | |
| | 24/5/2005 | 24/4/2005 | 3/3/2005 | | | | | | |
| | 24/5/2005 | 24/4/2005 | 26/3/2005 | | | | | | |
| | 24/5/2005 | 24/4/2005 | 13/5/2005 | | | | | | |
| | 25/5/2005 | 24/4/2005 | 2/9/2005 | | | | | | |
| | 20/11/2005 | 29/5/2005 | 12/11/2005 | | | | | | |
| | 16/12/2005 | 14/10/2005 | | | | | | | |
| | 18/12/2005 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Alimentador | P3-A1 | P3-A3 | P3-A4 | P3-A5 | P3-A6 | P3-A7 | | | |
| Número de Faltas | 24/5/2005 | 16/2/2005 | 6/2/2005 | 24/5/2005 | 3/1/2005 | 23/2/2005 | | | |
| | 18/8/2005 | 24/3/2005 | 24/3/2005 | 29/5/2005 | 14/3/2005 | 23/2/2005 | | | |
| | | 4/6/2005 | 2/6/2005 | 29/5/2005 | 7/7/2005 | 25/5/2005 | | | |
| | | | 31/8/2005 | 16/7/2005 | 31/8/2005 | 18/8/2005 | | | |
| | | | 4/9/2005 | 18/8/2005 | 4/10/2005 | 23/8/2005 | | | |
| | | | 24/9/2005 | 31/8/2005 | | 17/12/2005 | | | |
| | | | 8/10/2005 | 8/9/2005 | | | | | |
| | | | 8/10/2005 | 10/9/2005 | | | | | |
| | | | 31/10/2005 | 26/9/2005 | | | | | |
| | | | 23/12/2005 | 10/11/2005 | | | | | |
| | | | | 18/11/2005 | | | | | |
| | | | | 25/11/2005 | | | | | |
| | | | | 28/11/2005 | | | | | |
| | | | | 28/11/2005 | | | | | |
| | | | | 3/12/2005 | | | | | |
| | | | | 11/12/2005 | | | | | |
| | | | 14/12/2005 | | | | | | |
| | | | 17/12/2005 | | | | | | |
| | | | 20/12/2005 | | | | | | |

Tabela A6: Número de Falta em 2006

| Alimentador | P1-A1 | P1-A2 | P1-A4 | P1-A6 | P1-A7 | P1-A8 | | | |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|--|--|
| Número de Faltas | 24/1/2006 | 8/1/2006 | 18/1/2006 | 24/1/2006 | 2/9/2006 | 18/1/2006 | | | |
| | 17/2/2006 | 21/1/2006 | 15/2/2006 | 2/9/2006 | | 23/1/2006 | | | |
| | 23/2/2006 | 22/1/2006 | 20/5/2006 | 26/12/2006 | | 4/3/2006 | | | |
| | 2/4/2006 | 22/1/2006 | 2/7/2006 | | | 12/7/2006 | | | |
| | 20/8/2006 | 22/1/2006 | 2/7/2006 | | | 2/9/2006 | | | |
| | 2/9/2006 | 24/1/2006 | 16/8/2006 | | | 9/9/2006 | | | |
| | 2/9/2006 | 21/2/2006 | 2/9/2006 | | | 22/9/2006 | | | |
| | 29/10/2006 | 23/2/2006 | 16/9/2006 | | | 5/10/2006 | | | |
| | 29/10/2006 | 1/7/2006 | 4/10/2006 | | | 26/10/2006 | | | |
| | 9/11/2006 | 2/9/2006 | | | | 6/11/2006 | | | |
| | 21/12/2006 | 2/9/2006 | | | | 6/11/2006 | | | |
| | 25/12/2006 | 2/9/2006 | | | | 12/11/2006 | | | |
| | 29/12/2006 | 2/9/2006 | | | | 25/11/2006 | | | |
| | 30/12/2006 | 21/10/2006 | | | | | | | |
| | 17/11/2006 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Alimentador | P3-A1 | P3-A3 | P3-A4 | P3-A5 | P3-A6 | P3-A7 | | | |
| Número de Faltas | 8/2/2006 | 15/2/2006 | 9/1/2006 | 25/1/2006 | 3/1/2006 | 24/1/2006 | | | |
| | 21/4/2006 | 4/3/2006 | 21/1/2006 | 25/1/2006 | 14/1/2006 | 26/1/2006 | | | |
| | | 30/8/2006 | 4/3/2006 | 25/1/2006 | 15/2/2006 | 4/3/2006 | | | |
| | | 25/11/2006 | 17/4/2006 | 4/3/2006 | 23/2/2006 | 11/4/2006 | | | |
| | | | 8/7/2006 | 8/7/2006 | 4/3/2006 | 11/4/2006 | | | |
| | | | 26/8/2006 | 9/8/2006 | 2/9/2006 | 25/4/2006 | | | |
| | | | 27/8/2006 | 22/8/2006 | 2/9/2006 | 20/5/2006 | | | |
| | | | 2/9/2006 | 2/9/2006 | 8/9/2006 | 30/8/2006 | | | |
| | | | 15/9/2006 | 1/10/2006 | 2/10/2006 | 30/8/2006 | | | |
| | | | 20/9/2006 | 5/10/2006 | 4/10/2006 | 30/8/2006 | | | |
| | | | 3/11/2006 | 16/11/2006 | 9/10/2006 | 27/10/2006 | | | |
| | | | 6/11/2006 | | 9/10/2006 | 27/10/2006 | | | |
| | | 11/11/2006 | | 17/11/2006 | 31/10/2006 | | | | |

Tabela A6: Número de Falta em 2006

| Alimentador | P5-A1 | P5-A2 | P5-A3 | P5-A4 | P5-A5 | P5-A6 | | | |
|-------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|
| | 2/12/2006 | | | | | | | | |
| | 2/12/2006 | | | | | | | | |

Tabela A7: Número de Falta em 2007

| Alimentador | P1-A1 | P1-A2 | P1-A4 | P3-A4 | P1-A6 | P1-A7 | P1-A8 | | |
|-------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|------------|--|--|
| Número de Faltas | 17/1/2007 | 1/2/2007 | 3/2/2007 | 3/1/2007 | 12/3/2007 | 22/7/2007 | 8/1/2007 | | |
| | 8/2/2007 | 20/2/2007 | 8/3/2007 | 17/1/2007 | 26/8/2007 | 5/11/2007 | 10/1/2007 | | |
| | | 13/3/2007 | 16/3/2007 | 20/1/2007 | 26/8/2007 | | 10/1/2007 | | |
| | | 16/3/2007 | 16/3/2007 | 20/4/2007 | 26/8/2007 | | 3/2/2007 | | |
| | | 26/4/2007 | 18/3/2007 | 22/4/2007 | | | 5/2/2007 | | |
| | | 10/5/2007 | 24/3/2007 | 28/4/2007 | | | 4/4/2007 | | |
| | | 10/5/2007 | 5/4/2007 | 23/5/2007 | | | 26/4/2007 | | |
| | | 23/5/2007 | 4/5/2007 | 13/7/2007 | | | 23/5/2007 | | |
| | | 21/10/2007 | 24/7/2007 | 17/10/2007 | | | 19/10/2007 | | |
| | | 21/10/2007 | 31/8/2007 | 14/11/2007 | | | 20/12/2007 | | |
| | | 24/12/2007 | 14/11/2007 | | | | | | |
| | | 24/12/2007 | 4/12/2007 | | | | | | |
| | | 24/12/2007 | 12/12/2007 | | | | | | |
| | | 24/12/2007 | 20/12/2007 | | | | | | |
| | | 24/12/2007 | 25/12/2007 | | | | | | |
| | | 24/12/2007 | | | | | | | |
| | 26/12/2007 | | | | | | | | |
| Alimentador | P3-A1 | P3-A3 | P4-A4 | P3-A5 | P3-A6 | P3-A7 | P3-A8 | | |
| | 15/6/2007 | 22/1/2007 | 18/1/2007 | 3/1/2007 | 27/1/2007 | 12/1/2007 | | | |
| | 20/9/2007 | 12/2/2007 | 12/2/2007 | 3/1/2007 | 24/7/2007 | 22/1/2007 | | | |
| | 2/11/2007 | 13/3/2007 | 13/3/2007 | 10/1/2007 | 9/11/2007 | 5/2/2007 | | | |

Tabela A7: Número de Falta em 2007

| Alimentador | P3-A1 | P3-A3 | P4-A4 | P3-A5 | P3-A6 | P3-A7 | P3-A8 | | |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Número de Faltas | 6/12/2007 | 16/3/2007 | 13/3/2007 | 3/2/2007 | | 20/4/2007 | | | |
| | | 7/4/2007 | 12/10/2007 | 3/2/2007 | | 20/4/2007 | | | |
| | | 26/4/2007 | 21/12/2007 | 10/3/2007 | | 20/4/2007 | | | |
| | | 8/5/2007 | | 17/3/2007 | | 21/4/2007 | | | |
| | | 10/5/2007 | | 20/4/2007 | | 28/4/2007 | | | |
| | | 10/8/2007 | | 20/4/2007 | | 18/5/2007 | | | |
| | | 10/8/2007 | | 21/4/2007 | | 17/7/2007 | | | |
| | | 30/9/2007 | | 23/4/2007 | | 13/9/2007 | | | |
| | | 30/9/2007 | | 27/4/2007 | | 13/9/2007 | | | |
| | | 1/11/2007 | | 22/9/2007 | | 1/11/2007 | | | |
| | | 1/11/2007 | | 23/9/2007 | | 18/11/2007 | | | |
| | | 14/11/2007 | | 23/9/2007 | | | | | |
| | | | | 1/11/2007 | | | | | |
| | | | | 10/12/2007 | | | | | |
| | | | 23/12/2007 | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Alimentador | P4-A2 | P4-A3 | P5-A4 | P4-A5 | P4-A6 | P4-A7 | P4-A8 | P4-A9 | P4-A10 |
| Número de Faltas | 3/2/2007 | 9/3/2007 | 4/1/2007 | 17/1/2007 | 23/2/2007 | 14/3/2007 | 26/2/2007 | 7/1/2007 | 16/1/2007 |
| | 3/2/2007 | 20/12/2007 | 16/3/2007 | 17/1/2007 | 24/4/2007 | 15/3/2007 | 2/3/2007 | 15/1/2007 | 16/5/2007 |
| | 15/2/2007 | 20/12/2007 | | 17/1/2007 | 26/4/2007 | 19/3/2007 | 10/3/2007 | 18/1/2007 | |
| | 13/4/2007 | 20/12/2007 | | 10/7/2007 | 10/5/2007 | 6/4/2007 | 28/5/2007 | 5/2/2007 | |
| | 20/4/2007 | 20/12/2007 | | 20/12/2007 | 20/7/2007 | 20/4/2007 | 30/7/2007 | 12/2/2007 | |
| | 14/11/2007 | | | | 10/8/2007 | 21/4/2007 | 31/8/2007 | 13/3/2007 | |
| | | | | | 30/8/2007 | 4/5/2007 | 24/9/2007 | 11/5/2007 | |
| | | | | | 14/9/2007 | 14/11/2007 | 25/10/2007 | 11/5/2007 | |
| | | | | | 8/11/2007 | 24/12/2007 | 2/11/2007 | 22/7/2007 | |
| | | | | | 14/11/2007 | | 14/11/2007 | 27/7/2007 | |
| | | | | | 20/12/2007 | | 14/11/2007 | 9/11/2007 | |
| | | | | | 21/12/2007 | | 20/12/2007 | 14/11/2007 | |
| | | | | | | | 26/12/2007 | 14/11/2007 | |

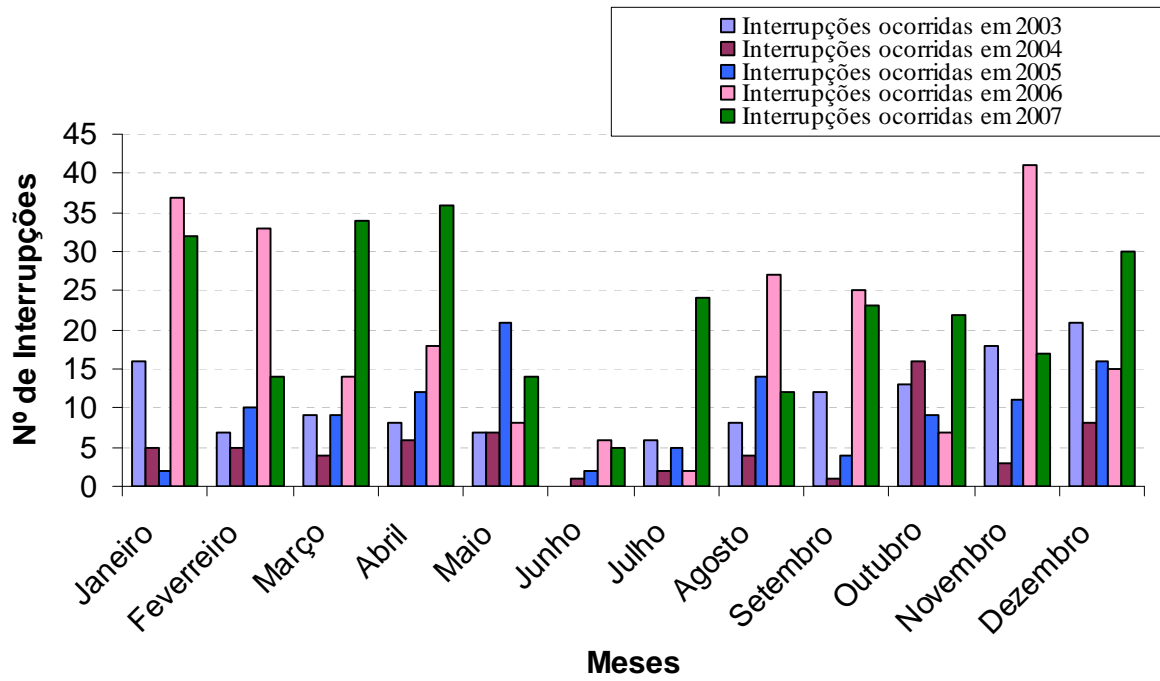


Gráfico A1: Interrupções devido à vegetação

Apêndice B – Dados da Subestação 1

Tabela B1: Alimentador 1 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 6 | 2344,5 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 7 | 2230,1 | 19706,9 | 15738,1 | 15370,2 |
| 3 | 26 | 4495 | 37813,8 | 34668,9 | 18820,2 |
| 4 | 27 | 4597,4 | 43847,2 | 28894,8 | 21094,5 |
| 5 | 55 | 4831,5 | 411,94 | 411,94 | 411,94 |
| 6 | 57 | 4933,3 | 12247,3 | 12247,3 | 12247,3 |
| 7 | 58 | 4900,8 | 11881,4 | 11881,4 | 11881,4 |
| 8 | 59 | 4899 | 17510,9 | 19657,9 | 11768,3 |
| 9 | 60 | 5141,6 | 11920,1 | 9739,34 | 4811,99 |
| 10 | 61 | 5133,8 | 21423,8 | 21423,8 | 3991,96 |
| 11 | 69 | 4721,5 | 29737 | 31984 | 19209,8 |
| 12 | 70 | 4755,6 | 11391,8 | 10688,3 | 2074,66 |
| 13 | 71 | 4794,5 | 33078,8 | 28643,5 | 20502,1 |
| 14 | 72 | 4817,5 | 22813,8 | 21911,6 | 8972,88 |
| 15 | 73 | 4841 | 41447,4 | 37929,9 | 22384,8 |
| 16 | 74 | 4859,8 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 75 | 4920,3 | 22999,5 | 18488,4 | 11947,2 |
| 18 | 76 | 4946 | 22555,8 | 22555,8 | 20957,8 |
| 19 | 76 | 4946 | 6180,94 | 116,34 | 116,34 |
| 20 | 77 | 4964,6 | 57832 | 41497,8 | 33153,7 |
| 21 | 78 | 5038,5 | 60866,3 | 53235,1 | 38340,1 |
| 22 | 80 | 5140,7 | 3744,4 | 6813,33 | 5887,86 |
| 23 | 82 | 5001,8 | 11613,4 | 11613,4 | 9885,06 |
| 24 | 83 | 5006,2 | 27474,1 | 27474,1 | 20587,1 |
| 25 | 84 | 5053,3 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 141 | 3424,5 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 242 | 4666,2 | 26457,9 | 26530,7 | 11604,9 |

Tabela B1: Alimentador 1 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|-------|
| 28 | 297 | 3070 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 302 | 3880,5 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 317 | 5041,2 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | 319 | 4600,6 | 13114,2 | 13430,7 | 12210 |

Tabela B2: Alimentador 2 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 4 | 1692 | 3855,42 | 3855,42 | 3855,42 |
| 2 | 5 | 1973,9 | 26967 | 16982,6 | 11833,1 |
| 3 | 7 | 2115,3 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 8 | 2184 | 26840,6 | 23076,3 | 18341,4 |
| 5 | 14 | 2298,7 | 1216,06 | 1216,06 | 1216,06 |
| 6 | 18 | 2161,6 | 32766,6 | 14225 | 6858,69 |
| 7 | 19 | 2058,7 | 21704,3 | 6856,5 | 2674,13 |
| 8 | 20 | 2149,3 | 31031 | 11907,9 | 10008,3 |
| 9 | 33 | 4163,4 | 37505,3 | 29826,8 | 23759,4 |
| 10 | 35 | 2232,9 | 6166,86 | 2529,63 | 0 |
| 11 | 36 | 4167,9 | 23474,6 | 17855,3 | 4214,13 |
| 12 | 37 | 4249,9 | 35813,9 | 37333,7 | 25774 |
| 13 | 38 | 3749 | 25152 | 29256,8 | 24618,5 |
| 14 | 40 | 4152,9 | 18023,2 | 8466,29 | 4556,22 |
| 15 | 41 | 3971,6 | 25648,4 | 17156,3 | 5259,79 |
| 16 | 43 | 4244,5 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 44 | 4038 | 27979,8 | 20469,2 | 5059,41 |
| 18 | 47 | 3702,3 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 48 | 3702,3 | 15542,8 | 15542,8 | 13965,5 |
| 20 | 52 | 4151,1 | 17735,4 | 17345,1 | 16420,7 |
| 21 | 54 | 3890,9 | 41932,2 | 34021,4 | 16550 |
| 22 | 56 | 3025,5 | 20083,3 | 13983,7 | 12671,3 |
| 23 | 63 | 2917,8 | 8219,17 | 3921,08 | 457,24 |
| 24 | 65 | 3691,7 | 24980,4 | 24980,4 | 24553,7 |
| 25 | 66 | 3758,2 | 27082,7 | 25759,8 | 11385,6 |
| 26 | 67 | 3802,6 | 7866,07 | 7866,07 | 0 |
| 27 | 68 | 3906,9 | 9721,47 | 10924,7 | 8507,76 |
| 28 | 88 | 3520,7 | 36062,8 | 20390,7 | 7970,43 |
| 29 | 90 | 3793,7 | 22651,8 | 21466,9 | 5067,55 |
| 30 | 91 | 3824,6 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | 92 | 0 | 20848,1 | 13311,7 | 1761,66 |
| 32 | 93 | 3853,4 | 16486,7 | 13373,2 | 3657,83 |
| 33 | 94 | 3875,1 | 0 | 0 | 0 |

Tabela B2: Alimentador 2 da Subestação 1

| Trafo | Bi trafo | Dist SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 34 | 95 | 3901,6 | 24990,3 | 24990,3 | 20832,5 |
| 35 | 96 | 3951 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | 97 | 3832,2 | 15437 | 15437 | 7344,52 |
| 37 | 98 | 3832,3 | 23362,6 | 17327,5 | 2739,25 |
| 38 | 103 | 3767,3 | 8125,01 | 8125,01 | 8125,01 |
| 39 | 144 | 1809 | 34454,4 | 35988,1 | 32203,4 |
| 40 | 145 | 3642,8 | 0 | 0 | 0 |
| 41 | 147 | 4369,2 | 31284,3 | 28333 | 18795,2 |
| 42 | 153 | 3808,1 | 42972,2 | 38421,9 | 35755,5 |
| 43 | 158 | 3012 | 23754,1 | 23754,1 | 23754,1 |
| 44 | 159 | 2972,1 | 27254,5 | 19971,5 | 14444,2 |
| 45 | 163 | 3130 | 42134,2 | 41026,3 | 23417,7 |
| 46 | 166 | 3547,1 | 30918,7 | 26184,9 | 9772,47 |
| 47 | 168 | 3610,1 | 9900,31 | 9900,31 | 9900,31 |
| 48 | 170 | 3620 | 5559,57 | 5690,15 | 1345,63 |
| 49 | 172 | 3436,1 | 7576,13 | 7576,13 | 3903,17 |
| 50 | 184 | 3473,9 | 23336,4 | 24384,6 | 15066,8 |
| 51 | 186 | 3398,2 | 34962,7 | 27735,1 | 24240 |
| 52 | 188 | 3429,6 | 5723,98 | 5723,98 | 5723,98 |
| 53 | 190 | 3941,2 | 38985,7 | 23480,7 | 10612,9 |
| 54 | 192 | 3719,7 | 25713,3 | 26140,9 | 9966,89 |
| 55 | 196 | 3329,5 | 7724,56 | 7724,56 | 170,69 |
| 56 | 219 | 3420,3 | 27169,3 | 23402,2 | 8506,54 |
| 57 | 229 | 3495,7 | 22928,4 | 13211,8 | 4303,84 |
| 58 | 231 | 3518,4 | 0 | 0 | 0 |
| 59 | 269 | 3788,8 | 3586,2 | 3586,2 | 3586,2 |
| 60 | 283 | 2490 | 3456,74 | 2261,63 | 395,22 |
| 61 | 291 | 2890,3 | 0 | 0 | 0 |
| 62 | 324 | 2350,1 | 12458 | 12458 | 12458 |
| 63 | 330 | 2325,6 | 19036,2 | 9186,5 | 3143,24 |
| 64 | 333 | 2344 | 5870,37 | 5870,37 | 5870,37 |
| 65 | 345 | 2569,8 | 18928,5 | 15848,4 | 11873,6 |
| 66 | 348 | 3723,1 | 11605,1 | 11605,1 | 11605,1 |
| 67 | 519 | 3552,5 | 0 | 0 | 0 |
| 68 | 577 | 3040,2 | 0 | 0 | 0 |
| 69 | 596 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 70 | 603 | 3735,6 | 0 | 0 | 0 |
| 71 | 606 | 3456,1 | 5227,23 | 5227,23 | 5227,23 |

Tabela B3: Alimentador 4 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 4 | 2074,5 | 13578,1 | 13578,1 | 13578,1 |
| 2 | 5 | 2511 | 32291,2 | 31117,5 | 23890 |
| 3 | 6 | 2394 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 7 | 2424,3 | 14265 | 16106 | 7462,75 |
| 5 | 8 | 2461,5 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 9 | 2528,3 | 411,94 | 411,94 | 411,94 |
| 7 | 10 | 2310,7 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 13 | 2432,8 | 24284 | 24284 | 24284 |
| 9 | 14 | 2342 | 6693,92 | 4531,18 | 2107,58 |
| 10 | 16 | 2468,8 | 26579,8 | 26579,8 | 23320,9 |
| 11 | 17 | 2503,6 | 13891,8 | 14003,4 | 9740,21 |
| 12 | 18 | 2623,9 | 19204,9 | 16861,2 | 6226,68 |
| 13 | 19 | 2075,9 | 29867,3 | 21561,6 | 7036,01 |
| 14 | 20 | 1976,8 | 35041,3 | 28517,6 | 18350,9 |
| 15 | 21 | 2021,6 | 14950,7 | 14950,7 | 14950,7 |
| 16 | 39 | 1622,4 | 12064,8 | 12064,8 | 5665,59 |
| 17 | 40 | 1707,8 | 26897,9 | 18542,2 | 16747,6 |
| 18 | 41 | 1605,8 | 12563 | 12563 | 12563 |
| 19 | 45 | 2891,8 | 9628,19 | 9887,88 | 4067,91 |
| 20 | 47 | 2980,3 | 16395,2 | 16092,6 | 4912,47 |
| 21 | 48 | 3093,1 | 28436,2 | 28882,7 | 14659,5 |
| 22 | 49 | 4016,6 | 23133,2 | 25803,8 | 10854,6 |
| 23 | 51 | 3564,9 | 45661,9 | 32785,1 | 9391,76 |
| 24 | 52 | 3750,3 | 26946,5 | 22674,6 | 7908,31 |
| 25 | 53 | 3930,3 | 26317,1 | 24103,9 | 12173 |
| 26 | 58 | 3378,9 | 22203,2 | 13550 | 7223,62 |
| 27 | 59 | 3385,9 | 5962,03 | 5611,81 | 864,95 |
| 28 | 67 | 1541,1 | 15707,8 | 15542,7 | 14061,6 |
| 29 | 72 | 4488,1 | 5086,15 | 2531,21 | 0 |
| 30 | 74 | 3473,9 | 43985 | 31110,9 | 23978,3 |
| 31 | 76 | 3602,1 | 21188,3 | 21187,6 | 13923,2 |
| 32 | 77 | 3668,3 | 12744,3 | 11931,9 | 495,23 |
| 33 | 78 | 3736,5 | 0 | 0 | 0 |
| 34 | 79 | 3784,1 | 17673,4 | 20320,4 | 18708,7 |
| 35 | 81 | 3986,6 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | 82 | 4009,5 | 24738,5 | 19258 | 17025,4 |
| 37 | 83 | 4167,8 | 0 | 0 | 0 |
| 38 | 84 | 4288,8 | 23445,6 | 24034,2 | 5424,78 |
| 39 | 86 | 3102,6 | 8644,7 | 8357,27 | 6537,55 |
| 40 | 87 | 2991,1 | 13157,8 | 11906,3 | 7643,8 |

Tabela B3: Alimentador 4 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 41 | 88 | 1771,6 | 505,4 | 505,4 | 505,4 |
| 42 | 89 | 1794,3 | 28192,5 | 12998,8 | 11400,5 |
| 43 | 91 | 1608 | 0 | 0 | 0 |
| 44 | 92 | 1720,1 | 32348,7 | 18742,8 | 13329,5 |
| 45 | 93 | 1863 | 24805 | 23332,4 | 17512,6 |
| 46 | 94 | 1852 | 0 | 0 | 0 |
| 47 | 95 | 1969,3 | 10554,3 | 10554,3 | 10554,3 |
| 48 | 96 | 1991,2 | 0 | 0 | 0 |
| 49 | 97 | 1865,8 | 0 | 0 | 0 |
| 50 | 101 | 2751,9 | 15753,6 | 15843 | 9193,01 |
| 51 | 110 | 3281,7 | 0 | 0 | 0 |
| 52 | 111 | 3316,8 | 42411,3 | 32644,3 | 19621,5 |
| 53 | 115 | 3960 | 33422 | 26524,3 | 12374,6 |
| 54 | 116 | 4218,3 | 27012,5 | 21240,9 | 3454,62 |
| 55 | 117 | 4088,4 | 22317,5 | 22306,8 | 20773,2 |
| 56 | 118 | 3997,8 | 35409,4 | 27913,8 | 16880,7 |
| 57 | 119 | 3909,2 | 7713,51 | 7580,83 | 132,68 |
| 58 | 127 | 3752,6 | 3346,66 | 4324,17 | 977,51 |
| 59 | 128 | 3803,2 | 10912,3 | 10912,3 | 8262,45 |
| 60 | 129 | 3834,8 | 8227,22 | 8509,85 | 2728,05 |
| 61 | 130 | 3925,9 | 14505,8 | 13308 | 3784,35 |
| 62 | 131 | 4006,7 | 30613,7 | 28231,3 | 8590,97 |
| 63 | 132 | 3838,8 | 30106,7 | 25556,5 | 14054,9 |
| 64 | 150 | 1454,5 | 6704,42 | 6704,42 | 6704,42 |
| 65 | 151 | 1546 | 0 | 0 | 0 |
| 66 | 153 | 2216,9 | 0 | 0 | 0 |
| 67 | 157 | 1414,6 | 16828,6 | 16828,6 | 16828,6 |
| 68 | 210 | 4285,9 | 0 | 0 | 0 |
| 69 | 218 | 1711 | 1144,52 | 1144,52 | 1144,52 |
| 70 | 228 | 1631,5 | 0 | 0 | 0 |
| 71 | 231 | 4650,4 | 7693,79 | 7693,79 | 7693,79 |
| 72 | 236 | 2241,4 | 2975,62 | 2975,62 | 2975,62 |
| 73 | 255 | 2724,3 | 6255,18 | 6255,18 | 6255,18 |
| 74 | 265 | 3380,8 | 32030 | 20429,2 | 5913,6 |
| 75 | 276 | 3411,9 | 11604,5 | 11604,5 | 10641,3 |
| 76 | 304 | 3144 | 20141,3 | 20171,5 | 3340,74 |
| 77 | 310 | 2780,9 | 12114,7 | 13115 | 9673,07 |
| 78 | 312 | 2724,7 | 19173,1 | 19173,1 | 18063 |
| 79 | 314 | 2651,1 | 15216,7 | 15216,7 | 14396,6 |
| 80 | 318 | 2495,6 | 32460,2 | 32460,2 | 31694,6 |

Tabela B3: Alimentador 4 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 81 | 320 | 2556,8 | 10619,9 | 10619,9 | 10619,9 |
| 82 | 322 | 2622,3 | 32046,6 | 24070,6 | 13112,8 |
| 83 | 324 | 2592,6 | 15467,9 | 15467,9 | 15096 |
| 84 | 328 | 2937,2 | 30904,9 | 29768,6 | 14961 |
| 85 | 330 | 2806,1 | 387,92 | 463,57 | 463,57 |
| 86 | 332 | 2717,2 | 25198,4 | 29952,8 | 26190 |
| 87 | 348 | 2623,3 | 10557,8 | 10557,8 | 10557,8 |
| 88 | 351 | 3049,8 | 0 | 0 | 0 |
| 89 | 353 | 2969,4 | 19274 | 19439,6 | 3958,58 |
| 90 | 355 | 2990,8 | 0 | 0 | 0 |
| 91 | 370 | 3177,3 | 26055,1 | 25411,8 | 13354,9 |
| 92 | 382 | 2919,1 | 20671,3 | 20671,3 | 20671,3 |
| 93 | 383 | 2901,4 | 19471,2 | 19471,2 | 18754,4 |
| 94 | 386 | 2819,9 | 14208,4 | 14208,4 | 14208,4 |
| 95 | 388 | 2881,2 | 21251 | 21251 | 21251 |
| 96 | 391 | 2874,1 | 24910,6 | 22406,9 | 14517 |
| 97 | 412 | 1838,4 | 7971,08 | 7359,63 | 7257,06 |
| 98 | 693 | 3203,5 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 705 | 4082,1 | 0 | 0 | 0 |
| 100 | 731 | 2650,6 | 0 | 0 | 0 |
| 101 | 740 | 1894,8 | 0 | 0 | 0 |
| 102 | 753 | 2056,2 | 0 | 0 | 0 |
| 103 | 755 | 4006,7 | 0 | 0 | 0 |

Tabela B4: Alimentador 6 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 3 | 10608,5 | 13944,1 | 13944,1 | 13944,1 |
| 2 | 4 | 10538,9 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 11 | 246,9 | 17596,1 | 13543,1 | 11986,2 |
| 4 | 18 | 513 | 4860,34 | 4860,34 | 4860,34 |
| 5 | 23 | 936,8 | 13648,2 | 13648,2 | 13648,2 |
| 6 | 25 | 949,9 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 28 | 922,9 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 29 | 890 | 1968,38 | 1968,38 | 1968,38 |
| 9 | 38 | 1977,2 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 41 | 1696,9 | 38168,9 | 8992,84 | 4126,31 |
| 11 | 42 | 1855,2 | 16935,3 | 4186,96 | 1175,13 |
| 12 | 43 | 1795,4 | 23872,6 | 3244,65 | 2199,77 |
| 13 | 44 | 1317,4 | 0 | 0 | 0 |

Tabela B4: Alimentador 6 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 14 | 45 | 1381,1 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 46 | 1254,6 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 61 | 3891 | 582,93 | 582,93 | 0 |
| 17 | 63 | 4497,7 | 8189,98 | 8189,98 | 8189,98 |
| 18 | 64 | 4564,5 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 65 | 4564,6 | 1770,55 | 1770,55 | 1770,55 |
| 20 | 66 | 4676,8 | 7045,28 | 6859,73 | 6859,73 |
| 21 | 83 | 6615,2 | 2594,03 | 2594,03 | 2594,03 |
| 22 | 86 | 6818,8 | 2897,3 | 2897,3 | 2897,3 |
| 23 | 88 | 6936,3 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 90 | 8144 | 24573,1 | 3524,47 | 4341,68 |
| 25 | 91 | 7954,6 | 11950,8 | 8779,75 | 8025,75 |
| 26 | 94 | 8449,7 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 95 | 7536,7 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 97 | 8273,7 | 2852,8 | 2852,8 | 2852,8 |
| 29 | 101 | 4521,4 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 107 | 7886,9 | 39366,6 | 7936,2 | 3312,65 |
| 31 | 111 | 8048 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | 128 | 7887,3 | 23120,1 | 12958 | 8985,4 |
| 33 | 138 | 7983,1 | 25041,7 | 9994,69 | 7062,5 |
| 34 | 141 | 5499,9 | 5752,87 | 5752,87 | 5752,87 |
| 35 | 145 | 5511,7 | 3075,67 | 3075,67 | 3075,67 |
| 36 | 148 | 6004 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | 151 | 6227,9 | 5927,19 | 5927,19 | 5927,19 |
| 38 | 154 | 6704,8 | 2283,94 | 2283,94 | 2283,94 |
| 39 | 156 | 7109,2 | 3054,78 | 3054,78 | 3054,78 |
| 40 | 158 | 7432,2 | 4952,21 | 4952,21 | 4952,21 |
| 41 | 166 | 2902,1 | 0 | 0 | 0 |
| 42 | 173 | 7594,9 | 1785,79 | 1064,16 | 1064,16 |
| 43 | 180 | 7704,6 | 23076 | 14649,3 | 9324,22 |
| 44 | 193 | 10054,8 | 6870,21 | 6870,21 | 6870,21 |
| 45 | 195 | 10323,6 | 4487,24 | 4487,24 | 4487,24 |
| 46 | 201 | 10442,7 | 10500 | 10500 | 10500 |
| 47 | 204 | 1947,4 | 10556,3 | 10556,3 | 10556,3 |
| 48 | 206 | 2142,4 | 0 | 0 | 0 |
| 49 | 209 | 2030,7 | 31000,6 | 9272,57 | 2890,65 |
| 50 | 213 | 5630,4 | 0 | 0 | 0 |
| 51 | 214 | 5626,7 | 2985,12 | 2985,12 | 2985,12 |
| 52 | 217 | 4982,9 | 136,77 | 136,77 | 136,77 |
| 53 | 220 | 4821,3 | 2431,28 | 2431,28 | 2431,28 |

Tabela B4: Alimentador 6 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 54 | 222 | 4841,1 | 4857,33 | 4857,33 | 4857,33 |
| 55 | 225 | 4649,6 | 4518,81 | 4518,81 | 3832,73 |
| 56 | 234 | 2812,5 | 15652,1 | 15652,1 | 15652,1 |
| 57 | 236 | 3119,4 | 0 | 0 | 0 |
| 58 | 243 | 4187,9 | 5622 | 5622 | 5622 |
| 59 | 246 | 7081,1 | 10700,8 | 10700,8 | 10700,8 |
| 60 | 250 | 7701,6 | 5572 | 5572 | 5572 |
| 61 | 255 | 7870 | 2390,83 | 2390,83 | 1897,96 |
| 62 | 256 | 7672,1 | 1284,09 | 1284,09 | 1284,09 |
| 63 | 264 | 7379,5 | 6965,69 | 6965,69 | 6965,69 |
| 64 | 269 | 761,9 | 2595,43 | 2595,43 | 2595,43 |
| 65 | 280 | 6772,5 | 0 | 0 | 0 |
| 66 | 299 | 6147,1 | 11696,7 | 11696,7 | 11696,7 |
| 67 | 314 | 6413,3 | 7687,87 | 7687,87 | 7687,87 |
| 68 | 353 | 484,9 | 3790,31 | 3790,31 | 3790,31 |
| 69 | 367 | 5862,7 | 992,09 | 0 | 992,09 |
| 70 | 370 | 5972,8 | 1952,36 | 1952,36 | 0 |
| 71 | 397 | 5987,5 | 780,04 | 780,04 | 0 |
| 72 | 405 | 6121,4 | 247,49 | 247,49 | 0 |
| 73 | 412 | 6423,4 | 462,24 | 462,24 | 0 |
| 74 | 415 | 6509,5 | 601,31 | 601,31 | 0 |
| 75 | 417 | 6744,1 | 607,96 | 607,96 | 0 |
| 76 | 424 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 77 | 567 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 78 | 576 | 8602,1 | 0 | 0 | 0 |
| 79 | 593 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 | 614 | 1368,2 | 0 | 0 | 0 |
| 81 | 656 | 2905,6 | 10,21 | 10,21 | 10,21 |
| 82 | 672 | 920,4 | 0 | 0 | 0 |
| 83 | 679 | 8317,8 | 0 | 0 | 0 |

Tabela B5: Alimentador 7 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | □C[W] | □C[W] | □C[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 3 | 7212,2 | 5768,84 | 5768,84 | 3902,06 |
| 2 | 4 | 1568,6 | 9185,99 | 9185,99 | 9185,99 |
| 3 | 5 | 1590,9 | 3516,12 | 3516,12 | 3516,12 |
| 4 | 6 | 1333 | 12015,5 | 12015,5 | 12015,5 |
| 5 | 12 | 5194,2 | 671,65 | 671,65 | 363,17 |
| 6 | 13 | 5318,2 | 456,91 | 456,91 | 0 |

Tabela B5: Alimentador 7 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 7 | 16 | 5571,4 | 1807,03 | 1807,03 | 1552,54 |
| 8 | 18 | 6047,3 | 1875,91 | 1875,91 | 0 |
| 9 | 24 | 6753,7 | 2983,69 | 1929,61 | 1929,61 |
| 10 | 30 | 723,3 | 2040,43 | 2040,43 | 0 |
| 11 | 34 | 868,4 | 1628,69 | 1628,69 | 0 |
| 12 | 35 | 1898,8 | 411,94 | 411,94 | 411,94 |
| 13 | 40 | 1175,1 | 1156,74 | 1156,74 | 0 |
| 14 | 43 | 1584,5 | 2204,18 | 2204,18 | 0 |
| 15 | 45 | 9304,3 | 22779,9 | 22779,9 | 22779,9 |
| 16 | 49 | 9448,3 | 3150,86 | 3150,86 | 3150,86 |
| 17 | 51 | 9462 | 9308,19 | 9308,19 | 9308,19 |
| 18 | 54 | 9678,9 | 3950,69 | 3950,69 | 3950,69 |
| 19 | 55 | 9858,3 | 5421,35 | 5421,35 | 5421,35 |
| 20 | 59 | 9897,2 | 1046,5 | 1046,5 | 1046,5 |
| 21 | 68 | 10473,1 | 2780,56 | 2780,56 | 2780,56 |
| 22 | 72 | 10900,1 | 2632,68 | 2632,68 | 0 |
| 23 | 74 | 10681,2 | 3290,67 | 3290,67 | 3290,67 |
| 24 | 78 | 11334,8 | 3190,29 | 3190,29 | 3190,29 |
| 25 | 81 | 7254,1 | 8677,69 | 8677,69 | 5258,63 |
| 26 | 83 | 7630,7 | 1427,34 | 1427,34 | 0 |
| 27 | 94 | 8641,8 | 1949,58 | 1949,58 | 1949,58 |
| 28 | 98 | 8880 | 7559,75 | 7559,75 | 4447,28 |
| 29 | 106 | 2462,1 | 1965,37 | 1965,37 | 1965,37 |
| 30 | 109 | 2849,4 | 3591,39 | 3591,39 | 2377,86 |
| 31 | 112 | 3022,9 | 2058,03 | 2058,03 | 2058,03 |
| 32 | 116 | 3508,4 | 729,65 | 729,65 | 0 |
| 33 | 120 | 4243 | 3430,25 | 3430,25 | 0 |
| 34 | 125 | 4833,1 | 0 | 0 | 0 |
| 35 | 130 | 2054,6 | 6201,94 | 6201,94 | 6201,94 |
| 36 | 132 | 2199,1 | 832,07 | 832,07 | 0 |
| 37 | 135 | 2384,5 | 9956,5 | 9956,5 | 9956,5 |
| 38 | 138 | 2764 | 0 | 0 | 0 |
| 39 | 140 | 2214,3 | 2093,63 | 2093,63 | 2093,63 |
| 40 | 145 | 3749,6 | 1443,57 | 1443,57 | 1443,57 |
| 41 | 146 | 3831,8 | 1173,61 | 1173,61 | 1173,61 |
| 42 | 153 | 7479,3 | 450,67 | 450,67 | 450,67 |
| 43 | 157 | 7913,8 | 2144,52 | 1245,02 | 1245,02 |
| 44 | 163 | 8429,9 | 2376,2 | 2376,2 | 2376,2 |
| 45 | 164 | 8368,2 | 2481,19 | 1418,54 | 1005,01 |
| 46 | 168 | 8760,6 | 3027,67 | 4287,43 | 1259,76 |

Tabela B5: Alimentador 7 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 47 | 173 | 9102,3 | 4327,34 | 4115 | 212,35 |
| 48 | 175 | 9480 | 6682,03 | 6283,53 | 0 |
| 49 | 179 | 7851,8 | 2209,03 | 2209,03 | 2209,03 |
| 50 | 186 | 6781,8 | 3265,26 | 3265,26 | 0 |
| 51 | 187 | 6676,4 | 298,65 | 298,65 | 298,65 |
| 52 | 193 | 7141,7 | 6958,53 | 6958,53 | 6958,53 |
| 53 | 197 | 6371,2 | 6158,76 | 6158,76 | 5314,29 |
| 54 | 201 | 6540,2 | 431,67 | 431,67 | 431,67 |
| 55 | 209 | 7061,6 | 1116,98 | 1116,98 | 1116,98 |
| 56 | 210 | 6954,1 | 108,56 | 108,56 | 108,56 |
| 57 | 216 | 7194,8 | 3302,59 | 3302,59 | 0 |
| 58 | 226 | 8068,1 | 1763,61 | 1763,61 | 1763,61 |
| 59 | 230 | 8355,1 | 2882,26 | 2882,26 | 2882,26 |
| 60 | 235 | 8756,6 | 3885,34 | 3885,34 | 3885,34 |
| 61 | 237 | 8857,6 | 1586,97 | 1586,97 | 1586,97 |
| 62 | 247 | 8524,5 | 1596,46 | 1596,46 | 1596,46 |
| 63 | 269 | 11137,7 | 1710,94 | 1710,94 | 1710,94 |
| 64 | 271 | 11124,6 | 1172,76 | 1172,76 | 1172,76 |
| 65 | 275 | 11783,1 | 1069,41 | 1069,41 | 0 |
| 66 | 281 | 12285,4 | 897,3 | 897,3 | 897,3 |
| 67 | 282 | 12047,9 | 3738,65 | 3738,65 | 0 |
| 68 | 288 | 9169,6 | 2532,77 | 2532,77 | 2532,77 |
| 69 | 292 | 0 | 3663,13 | 3663,13 | 3663,13 |
| 70 | 295 | 2594,8 | 4471,27 | 4471,27 | 4471,27 |
| 71 | 297 | 2664,7 | 7918,82 | 7918,82 | 7918,82 |
| 72 | 304 | 2932,7 | 1689,91 | 1689,91 | 1689,91 |
| 73 | 310 | 3399,1 | 1495,63 | 1495,63 | 0 |
| 74 | 315 | 4054,2 | 1585,22 | 3500,88 | 0 |
| 75 | 319 | 4117,9 | 12247,7 | 12247,7 | 12247,7 |
| 76 | 323 | 4488,9 | 3901,86 | 3901,86 | 3901,86 |
| 77 | 327 | 4263 | 1828,43 | 3043,03 | 3043,03 |
| 78 | 329 | 4479,4 | 3855,19 | 3855,19 | 0 |
| 79 | 336 | 4709,4 | 1761,3 | 1761,3 | 1761,3 |
| 80 | 340 | 5672,2 | 4950,74 | 4950,74 | 245,76 |
| 81 | 343 | 5287,9 | 2224,74 | 2224,74 | 0 |
| 82 | 353 | 5667 | 456,57 | 456,57 | 456,57 |
| 83 | 357 | 6420,7 | 411,94 | 411,94 | 411,94 |
| 84 | 370 | 7870,6 | 1672,49 | 1672,49 | 1672,49 |
| 85 | 374 | 8304,1 | 3853,43 | 3853,43 | 1817,93 |
| 86 | 377 | 7228,7 | 1390,64 | 1390,64 | 1390,64 |

Tabela B5: Alimentador 7 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 87 | 383 | 6804,4 | 205,26 | 205,26 | 205,26 |
| 88 | 390 | 11386,7 | 1243,89 | 1243,89 | 1243,89 |
| 89 | 392 | 11268,2 | 231,04 | 231,04 | 231,04 |
| 90 | 398 | 4014,4 | 2866,62 | 2866,62 | 0 |
| 91 | 405 | 321,5 | 7086,1 | 7086,1 | 7086,1 |
| 92 | 407 | 5551,4 | 1388,19 | 1388,19 | 1388,19 |
| 93 | 410 | 6835,9 | 1378,65 | 1378,65 | 0 |
| 94 | 412 | 6949,7 | 13974,8 | 13974,8 | 13974,8 |
| 95 | 414 | 7660,8 | 2522,17 | 2522,17 | 2522,17 |
| 96 | 416 | 9386,2 | 13213,2 | 9489,74 | 3525,63 |
| 97 | 418 | 8599,9 | 2115,06 | 2115,06 | 2115,06 |
| 98 | 420 | 10882,2 | 2533,47 | 2533,47 | 2533,47 |
| 99 | 422 | 8474,1 | 1668,82 | 1668,82 | 1668,82 |
| 100 | 424 | 11368 | 1711,71 | 1711,71 | 1711,71 |
| 101 | 426 | 10098,1 | 2926,64 | 2926,64 | 2926,64 |
| 102 | 430 | 11763,2 | 252,4 | 252,4 | 252,4 |
| 103 | 436 | 11058,5 | 3331,01 | 3331,01 | 3331,01 |
| 104 | 438 | 11160,7 | 308,16 | 308,16 | 308,16 |
| 105 | 444 | 11436,8 | 958,74 | 958,74 | 958,74 |
| 106 | 447 | 11699,8 | 1053,51 | 1053,51 | 1053,51 |
| 107 | 450 | 12473,7 | 2134,9 | 2134,9 | 0 |
| 108 | 456 | 13004,5 | 155,92 | 155,92 | 0 |
| 109 | 467 | 14689,4 | 5924,9 | 5924,9 | 5924,9 |
| 110 | 471 | 14233,2 | 549,13 | 549,13 | 0 |
| 111 | 476 | 15264,4 | 4804,45 | 4804,45 | 0 |
| 112 | 479 | 15145,4 | 4233,88 | 4233,88 | 0 |
| 113 | 487 | 16905,7 | 4551,8 | 4551,8 | 0 |
| 114 | 494 | 15903,5 | 1229,57 | 1229,57 | 1229,57 |
| 115 | 500 | 16332,9 | 934,24 | 934,24 | 0 |
| 116 | 507 | 10994,3 | 1399,63 | 1399,63 | 1399,63 |
| 117 | 517 | 9136,9 | 8242,89 | 8242,89 | 8242,89 |
| 118 | 519 | 9193,3 | 411,94 | 411,94 | 411,94 |
| 119 | 523 | 9489,2 | 4887,41 | 4887,41 | 4887,41 |
| 120 | 538 | 9945,1 | 6232,56 | 6232,56 | 2224,15 |
| 121 | 539 | 9595,3 | 2365,43 | 2365,43 | 2365,43 |
| 122 | 540 | 9617 | 1771,33 | 1771,33 | 1771,33 |
| 123 | 541 | 9848,3 | 13490,5 | 13490,5 | 13480,9 |
| 124 | 547 | 10171,4 | 2423,43 | 2423,43 | 2423,43 |
| 125 | 558 | 10476 | 1395,55 | 1395,55 | 1395,55 |
| 126 | 561 | 10877,5 | 3098,52 | 3098,52 | 1715,35 |

Tabela B5: Alimentador 7 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 127 | 566 | 11361,1 | 14731 | 14731 | 14731 |
| 128 | 568 | 11466,3 | 11224,4 | 11224,4 | 11224,4 |
| 129 | 573 | 11188,4 | 784,73 | 784,73 | 0 |
| 130 | 576 | 11702,6 | 1897,29 | 1897,29 | 0 |
| 131 | 579 | 12235,7 | 1021,44 | 1021,44 | 0 |
| 132 | 586 | 10529,7 | 0 | 0 | 0 |
| 133 | 589 | 10452,3 | 2672,53 | 2672,53 | 2672,53 |
| 134 | 594 | 10438,5 | 4654,64 | 4654,64 | 4654,64 |
| 135 | 598 | 10638,4 | 1135,07 | 1135,07 | 1135,07 |
| 136 | 601 | 11028,8 | 0 | 0 | 0 |
| 137 | 602 | 10915,5 | 0 | 0 | 0 |
| 138 | 606 | 9394,5 | 1067,97 | 1067,97 | 0 |
| 139 | 614 | 10835,6 | 2305,31 | 2305,31 | 0 |
| 140 | 619 | 8447,9 | 1956,35 | 1956,35 | 1956,35 |
| 141 | 623 | 9023,6 | 1631,55 | 1631,55 | 1237,04 |
| 142 | 625 | 8516,6 | 7155,28 | 7155,28 | 5167,86 |
| 143 | 631 | 2998,7 | 2074,91 | 2074,91 | 0 |
| 144 | 632 | 3215,8 | 537,51 | 537,51 | 537,51 |
| 145 | 637 | 3239,2 | 3381,65 | 3381,65 | 613,88 |
| 146 | 641 | 3705,8 | 2460,9 | 2460,9 | 0 |
| 147 | 643 | 5486,4 | 6932,99 | 6932,99 | 4674,87 |
| 148 | 648 | 4883,1 | 1336,38 | 1336,38 | 1336,38 |
| 149 | 652 | 5091,5 | 1344,59 | 1344,59 | 0 |
| 150 | 655 | 6130,4 | 1403,71 | 1403,71 | 1403,71 |
| 151 | 659 | 7044,3 | 5486,29 | 5486,29 | 5486,29 |
| 152 | 661 | 7318,5 | 4339,8 | 4339,8 | 0 |
| 153 | 664 | 7704,5 | 920,77 | 920,77 | 0 |
| 154 | 665 | 7529,1 | 3987,92 | 3987,92 | 3893,32 |
| 155 | 667 | 8203,9 | 5769,35 | 5101,67 | 4413,13 |
| 156 | 671 | 5132,5 | 6700,52 | 6700,52 | 6700,52 |
| 157 | 682 | 1339,6 | 3560 | 3560 | 0 |
| 158 | 688 | 1836,6 | 3050,39 | 3050,39 | 1855,63 |
| 159 | 690 | 1884,7 | 5156,99 | 5156,99 | 4527,67 |
| 160 | 694 | 630,9 | 2826,02 | 2826,02 | 2826,02 |
| 161 | 702 | 1293,5 | 13504,2 | 13504,2 | 11698,4 |
| 162 | 704 | 921,7 | 8411,64 | 8411,64 | 8411,64 |
| 163 | 746 | 8868,8 | 5345,05 | 5345,05 | 5345,05 |
| 164 | 749 | 8636,4 | 0 | 0 | 0 |
| 165 | 752 | 4363,3 | 274,06 | 274,06 | 0 |
| 166 | 758 | 7156,4 | 681,62 | 681,62 | 0 |

Tabela B5: Alimentador 7 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 168 | 774 | 7034,6 | 753,38 | 753,38 | 0 |
| 169 | 775 | 6968,1 | 617,25 | 617,25 | 607,46 |
| 170 | 778 | 8107,8 | 2158,5 | 2158,5 | 2158,5 |
| 171 | 782 | 6500,4 | 0 | 0 | 0 |
| 172 | 790 | 5101,8 | 0 | 0 | 0 |
| 173 | 795 | 3424 | 7382,45 | 7382,45 | 0 |
| 174 | 801 | 3525,4 | 7376,15 | 5192,45 | 2183,7 |
| 175 | 804 | 4093,1 | 4011,19 | 4554,11 | 1227,16 |
| 176 | 811 | 3667,8 | 5814,65 | 5814,65 | 0 |
| 177 | 812 | 3778,3 | 4307,99 | 4307,99 | 0 |
| 178 | 816 | 3342,7 | 2387,57 | 2387,57 | 0 |
| 179 | 818 | 3228,4 | 4759,39 | 4759,39 | 0 |
| 180 | 821 | 3143,6 | 4943,95 | 3811,22 | 1132,73 |
| 181 | 825 | 2902,3 | 3152,44 | 3152,44 | 2489,37 |
| 182 | 833 | 6744,6 | 941,67 | 941,67 | 941,67 |
| 183 | 835 | 6910,4 | 2393,85 | 2393,85 | 0 |
| 184 | 848 | 7547,7 | 1647,67 | 1647,67 | 1647,67 |
| 185 | 876 | 2911 | 0 | 0 | 0 |
| 186 | 880 | 3576,2 | 0 | 0 | 0 |
| 187 | 885 | 3345,6 | 3456,01 | 3326,77 | 2094 |
| 188 | 891 | 3447,3 | 6017,46 | 6017,46 | 6017,46 |
| 189 | 894 | 3543,9 | 853,71 | 853,71 | 250,22 |
| 190 | 905 | 5069,7 | 7532,69 | 7532,69 | 6005,89 |
| 191 | 925 | 3598,2 | 2726,6 | 2726,6 | 2726,6 |
| 192 | 1005 | 9822,1 | 8071,02 | 8267,57 | 8267,57 |
| 193 | 1007 | 10189,2 | 0 | 0 | 0 |
| 194 | 1009 | 10275,9 | 0 | 616,25 | 616,25 |
| 195 | 1011 | 10350,6 | 550,83 | 196,73 | 354,11 |
| 196 | 1013 | 10409,2 | 0 | 239,67 | 239,67 |
| 197 | 1015 | 10987,2 | 0 | 0 | 0 |
| 198 | 1017 | 10689,7 | 0 | 268,95 | 268,95 |
| 199 | 1019 | 10797,4 | 781,61 | 781,61 | 0 |
| 200 | 1021 | 10971,5 | 0 | 0 | 0 |
| 201 | 1023 | 11035 | 1521,2 | 854,47 | 0 |
| 202 | 1025 | 10207,7 | 1088,17 | 1088,17 | 0 |
| 203 | 1027 | 11459,4 | 0 | 0 | 0 |
| 204 | 1029 | 11317,4 | 0 | 0 | 0 |
| 205 | 1031 | 11257,4 | 454,96 | 454,96 | 0 |
| 206 | 1033 | 11107,9 | 0 | 0 | 0 |
| 207 | 1035 | 11136,2 | 1566,18 | 1566,18 | 0 |

Tabela B5: Alimentador 7 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 208 | 1037 | 11095 | 0 | 0 | 0 |
| 209 | 1039 | 11191 | 0 | 0 | 0 |
| 210 | 1041 | 11565 | 1038,95 | 1038,95 | 0 |
| 211 | 1043 | 11724,6 | 1075,79 | 404,95 | 0 |
| 212 | 1074 | 10073,3 | 0 | 0 | 0 |
| 213 | 1075 | 10126,2 | 250,59 | 250,59 | 0 |
| 214 | 1076 | 10567,2 | 0 | 0 | 0 |
| 215 | 1078 | 10077,2 | 1521,45 | 1521,45 | 0 |
| 216 | 1079 | 10173,2 | 1393,88 | 617,74 | 0 |
| 217 | 1090 | 10509,5 | 1901,76 | 897,77 | 0 |
| 218 | 1104 | 10809,6 | 823,36 | 823,36 | 823,36 |
| 219 | 1106 | 10704,5 | 0 | 0 | 0 |
| 220 | 1108 | 9813,9 | 680,01 | 680,01 | 0 |
| 221 | 1111 | 9583,5 | 2499,24 | 2948,6 | 1587,87 |
| 222 | 1176 | 8036,7 | 7990,28 | 7990,28 | 7990,28 |
| 223 | 1186 | 11657,3 | 1146,8 | 1146,8 | 0 |
| 224 | 1193 | 3871,1 | 1362,15 | 4646,41 | 3284,26 |
| 225 | 1199 | 6590,5 | 0 | 0 | 0 |
| 226 | 1204 | 8026,2 | 33,65 | 33,65 | 0 |
| 227 | 1210 | 11805,8 | 0 | 0 | 0 |
| 228 | 1226 | 12222,2 | 122,53 | 122,53 | 0 |
| 229 | 1233 | 5334,9 | 0 | 0 | 0 |
| 230 | 1236 | 11335,9 | 133,25 | 133,25 | 0 |
| 231 | 1241 | 3617,8 | 2876,83 | 2876,83 | 0 |
| 232 | 1245 | 9685,7 | 0 | 0 | 0 |
| 233 | 1259 | 10167,6 | 7898,07 | 6972,39 | 678,47 |
| 234 | 1273 | 11780,6 | 0 | 0 | 0 |
| 235 | 1276 | 7835 | 825,04 | 3385,65 | 2560,61 |
| 236 | 1281 | 2556,8 | 446,87 | 446,87 | 446,87 |
| 237 | 1287 | 2855,1 | 0 | 0 | 0 |
| 238 | 1296 | 10113,2 | 967,97 | 967,97 | 0 |
| 239 | 1300 | 7750,7 | 0 | 1559,15 | 1559,15 |
| 240 | 1304 | 11463,8 | 662,18 | 662,18 | 0 |
| 241 | 1317 | 8196,2 | 297,47 | 297,47 | 0 |
| 242 | 1363 | 10044,3 | 0 | 0 | 0 |
| 243 | 1365 | 10081,1 | 0 | 0 | 0 |
| 244 | 1367 | 10384,7 | 0 | 0 | 0 |
| 245 | 1369 | 10475,3 | 0 | 0 | 0 |
| 246 | 1371 | 10524,7 | 0 | 0 | 0 |
| 247 | 1373 | 10216,6 | 0 | 0 | 0 |

Tabela B5: Alimentador 7 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 248 | 1893 | 7959,3 | 0 | 0 | 0 |
| 249 | 1901 | 4706,4 | 0 | 0 | 0 |
| 250 | 1908 | 7585,7 | 1278,58 | 0 | 1278,58 |
| 251 | 1927 | 9924,3 | 367,23 | 367,23 | 0 |
| 252 | 1934 | 1707,8 | 1937,96 | 1937,96 | 1442,67 |
| 253 | 1941 | 11436,7 | 647,62 | 417,15 | 230,47 |
| 254 | 1949 | 7649,3 | 159,88 | 0 | 159,88 |

Tabela B6: Alimentador 8 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 4 | 2441,5 | 1294,92 | 1294,92 | 1294,92 |
| 2 | 5 | 2373 | 28691,2 | 24230,9 | 10529,4 |
| 3 | 7 | 2572,2 | 20191,8 | 20760,1 | 9069,07 |
| 4 | 9 | 2627,7 | 18944,3 | 15149,3 | 11901,6 |
| 5 | 11 | 2764,3 | 22413,2 | 23290,3 | 14130,6 |
| 6 | 15 | 3021,8 | 29957,4 | 30639,6 | 19660,9 |
| 7 | 16 | 2662,6 | 15435,2 | 14569 | 1679,76 |
| 8 | 18 | 2977,3 | 10460 | 11172,5 | 10527,9 |
| 9 | 19 | 2947,4 | 2675,06 | 2675,06 | 2675,06 |
| 10 | 20 | 2835,3 | 6347,27 | 6347,27 | 4835,11 |
| 11 | 21 | 2753,9 | 9585,35 | 9005,99 | 9212,81 |
| 12 | 22 | 2696,4 | 11102,9 | 11102,9 | 10476,2 |
| 13 | 37 | 1447,4 | 9534,91 | 7825,1 | 4004,9 |
| 14 | 38 | 1556,2 | 5694,11 | 4453,39 | 4453,39 |
| 15 | 39 | 1749,7 | 11176,4 | 11176,4 | 9978,99 |
| 16 | 45 | 2178,3 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 46 | 2300,8 | 8102,5 | 8102,5 | 8102,5 |
| 18 | 47 | 2469,2 | 5329,75 | 5329,75 | 5329,75 |
| 19 | 48 | 2479,7 | 6127 | 6127 | 6127 |
| 20 | 49 | 1899,8 | 14879,1 | 15215,1 | 13037 |
| 21 | 50 | 3905,3 | 19122,3 | 19122,3 | 19122,3 |
| 22 | 51 | 3442,9 | 10242 | 10838,4 | 6807,3 |
| 23 | 52 | 3616,3 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 55 | 3775,8 | 12808,1 | 12808,1 | 12754,7 |
| 25 | 56 | 3687,8 | 20878,7 | 20878,7 | 20878,7 |
| 26 | 60 | 3722,6 | 13584,5 | 13584,5 | 13584,5 |
| 27 | 61 | 2219 | 23406,4 | 20724,8 | 13102,4 |
| 28 | 64 | 2764,2 | 18316,1 | 17736,1 | 9063,45 |
| 29 | 65 | 2765,2 | 0 | 0 | 0 |

Tabela B6: Alimentador 8 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 30 | 66 | 2852,4 | 411,94 | 411,94 | 411,94 |
| 31 | 67 | 2996,4 | 20345,5 | 21717,5 | 14186,7 |
| 32 | 69 | 3291,6 | 20624,8 | 24740,4 | 15593,7 |
| 33 | 70 | 3301,3 | 8928,6 | 8928,6 | 8928,6 |
| 34 | 72 | 3352,1 | 25180,2 | 23497,8 | 16060,5 |
| 35 | 73 | 3418,1 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | 75 | 2593,2 | 8145 | 8175,73 | 8175,73 |
| 37 | 76 | 3062,8 | 8091,7 | 8091,7 | 8091,7 |
| 38 | 77 | 3264,5 | 3528,34 | 3528,34 | 3528,34 |
| 39 | 80 | 4070,6 | 3639,89 | 3639,89 | 3639,89 |
| 40 | 81 | 4200,8 | 1285,83 | 1285,83 | 1285,83 |
| 41 | 83 | 2127,7 | 14323 | 12396,3 | 10202,4 |
| 42 | 84 | 2139,1 | 11626 | 11818,7 | 11168,6 |
| 43 | 85 | 2495,3 | 15561,8 | 15561,8 | 13958,3 |
| 44 | 86 | 3017,7 | 5146,24 | 5146,24 | 5146,24 |
| 45 | 87 | 3050,3 | 18621,1 | 16464,8 | 6626,51 |
| 46 | 89 | 3159,1 | 20277,8 | 15901,5 | 4879,3 |
| 47 | 90 | 3245,8 | 3270,79 | 3270,79 | 3270,79 |
| 48 | 91 | 3761,4 | 3403,49 | 3403,49 | 2398,01 |
| 49 | 92 | 3090,1 | 0 | 0 | 0 |
| 50 | 93 | 3159,3 | 23523,5 | 22195 | 18897,2 |
| 51 | 98 | 6021,9 | 5586,63 | 5586,63 | 5586,63 |
| 52 | 100 | 6074,2 | 7551,36 | 7962,8 | 7962,8 |
| 53 | 103 | 6160,7 | 9780,32 | 9780,32 | 9780,32 |
| 54 | 104 | 5262,9 | 11971,5 | 11971,5 | 11971,5 |
| 55 | 116 | 5681,5 | 3113,32 | 3113,32 | 3113,32 |
| 56 | 121 | 1330 | 34715,3 | 19479,8 | 14622,1 |
| 57 | 123 | 3458 | 29091 | 29091 | 29091 |
| 58 | 124 | 2384,6 | 192,07 | 192,07 | 192,07 |
| 59 | 125 | 2835 | 6511,48 | 8057,76 | 3806,16 |
| 60 | 181 | 3283 | 14050,2 | 12174,9 | 5327,51 |
| 61 | 184 | 3001,8 | 15291,9 | 11059,2 | 6850,3 |
| 62 | 186 | 2727 | 25196 | 20251,3 | 9159,09 |
| 63 | 190 | 2068,2 | 12371,9 | 12371,9 | 12371,9 |
| 64 | 198 | 2165,5 | 18107,3 | 18107,3 | 18107,3 |
| 65 | 200 | 3379,5 | 3510,75 | 3510,75 | 3510,75 |
| 66 | 204 | 2899 | 3634,07 | 3634,07 | 3634,07 |
| 67 | 209 | 2129,9 | 5321,52 | 5321,52 | 5321,52 |
| 68 | 211 | 2626,1 | 2069,17 | 2069,17 | 2069,17 |
| 69 | 217 | 3202,3 | 947,97 | 947,97 | 947,97 |

Tabela B6: Alimentador 8 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 70 | 223 | 2214,2 | 7301,47 | 7301,47 | 7301,47 |
| 71 | 255 | 6533 | 0 | 0 | 0 |
| 72 | 271 | 3938 | 8252,73 | 8252,73 | 8252,73 |
| 73 | 280 | 4201,3 | 8595,15 | 8595,15 | 8595,15 |
| 74 | 282 | 5000,4 | 18856,6 | 18856,6 | 18239,9 |
| 75 | 284 | 4778,4 | 14844,8 | 14844,8 | 14111,6 |
| 76 | 297 | 5407,4 | 7494,51 | 7494,51 | 7494,51 |
| 77 | 305 | 5593,2 | 12749,9 | 12749,9 | 12749,9 |
| 78 | 307 | 5680,3 | 10653,1 | 10653,1 | 10653,1 |
| 79 | 309 | 5672,9 | 18522,1 | 18522,1 | 18522,1 |
| 80 | 311 | 5177,4 | 12887,6 | 12887,6 | 12887,6 |
| 81 | 355 | 4962,1 | 22353,9 | 22353,9 | 22142,2 |
| 82 | 359 | 4798,5 | 11676 | 11676 | 11676 |
| 83 | 361 | 4901,8 | 20430,2 | 20430,2 | 20430,2 |
| 84 | 363 | 6444,8 | 7499,07 | 7499,07 | 7499,07 |
| 85 | 383 | 4655 | 12615,9 | 13322 | 13322 |
| 86 | 390 | 4902 | 12455,7 | 12455,7 | 12455,7 |
| 87 | 423 | 6579,9 | 406,42 | 406,42 | 406,42 |
| 88 | 441 | 6121,4 | 0 | 0 | 0 |
| 89 | 446 | 6178,8 | 0 | 0 | 0 |
| 90 | 448 | 5958,6 | 4093,21 | 4239,84 | 4204,78 |
| 91 | 450 | 5730,1 | 6555,14 | 6555,14 | 6555,14 |
| 92 | 483 | 5416,3 | 11135,6 | 11135,6 | 11135,6 |
| 93 | 491 | 4041,8 | 24687,9 | 24687,9 | 24278,8 |
| 94 | 493 | 3982,2 | 14901,3 | 14901,3 | 14901,3 |
| 95 | 495 | 4196,7 | 18321,3 | 18321,3 | 18321,3 |
| 96 | 497 | 4590,1 | 21729,3 | 21804,6 | 21604,8 |
| 97 | 501 | 4982,1 | 18108,7 | 18108,7 | 17876,2 |
| 98 | 513 | 5673,1 | 4771,62 | 4771,62 | 4771,62 |
| 99 | 523 | 5709,9 | 6082,34 | 6894,92 | 6830,73 |
| 100 | 528 | 5342,2 | 6067,95 | 6067,95 | 6067,95 |
| 101 | 530 | 5543,7 | 4116,47 | 4116,47 | 4116,47 |
| 102 | 532 | 5415,7 | 2068,11 | 2068,11 | 2068,11 |
| 103 | 541 | 5128,1 | 0 | 0 | 0 |
| 104 | 544 | 5291,8 | 6184,85 | 6184,85 | 6184,85 |
| 105 | 552 | 5213 | 5822,75 | 5822,75 | 5822,75 |
| 106 | 563 | 5403,6 | 1034,32 | 1034,32 | 1034,32 |
| 107 | 568 | 3263,8 | 11502,9 | 11502,9 | 11502,9 |
| 108 | 693 | 3083,7 | 5656,55 | 6212,73 | 6312,29 |
| 109 | 996 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabela B6: Alimentador 8 da Subestação 1

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|--------------|-----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 110 | 1052 | 4305,9 | 431,2 | 431,2 | 431,2 |
| 111 | 1095 | 3396,3 | 7028,76 | 10914,5 | 8375,31 |
| 112 | 1099 | 2189,6 | 0 | 0 | 0 |

Apêndice C – Dados da Subestação 3

Tabela C1: Alimentador 1 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 4 | 2228,1 | 6039,34 | 6968,42 | 5906,8 |
| 2 | 6 | 2338,6 | 14684,2 | 15833,2 | 10775,8 |
| 3 | 7 | 2434,8 | 38581,7 | 31709,2 | 18494,1 |
| 4 | 8 | 2590 | 20224,3 | 15120 | 5437,66 |
| 5 | 13 | 827,2 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 14 | 886,5 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 15 | 965,8 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 16 | 684 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 33 | 2376,1 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 34 | 1929,3 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 37 | 720,1 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 49 | 2126,4 | 25874,9 | 21789,3 | 10743,1 |
| 13 | 51 | 1926,3 | 20612,7 | 15318,2 | 5580,2 |
| 14 | 53 | 2033,5 | 22311,8 | 14555,7 | 9288,85 |
| 15 | 73 | 1285 | 5644,53 | 3564,7 | 1039,65 |
| 16 | 75 | 1312,3 | 11125,5 | 11125,5 | 4182,82 |
| 17 | 75 | 1312,3 | 14149,6 | 14496,1 | 7752,57 |
| 18 | 77 | 1330,9 | 21313,9 | 21625,6 | 9803 |
| 19 | 81 | 1342,9 | 15713,4 | 15713,4 | 15713,4 |
| 20 | 86 | 1409,7 | 52017,6 | 43166,6 | 27149,8 |
| 21 | 106 | 1474,9 | 19557,9 | 17032,3 | 10579 |
| 22 | 108 | 1616,3 | 32622,8 | 32668,7 | 30255,7 |
| 23 | 114 | 1683 | 5842,2 | 5842,2 | 5842,2 |
| 24 | 119 | 1676,2 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 121 | 1827,2 | 21896 | 17120,1 | 9522,22 |
| 26 | 125 | 1718,4 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 150 | 956,8 | 0 | 0 | 0 |

Tabela C1: Alimentador 1 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 28 | 157 | 1107,5 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 165 | 854,4 | 14675,8 | 14376,8 | 14376,8 |
| 30 | 170 | 1961,5 | 11823,3 | 13163,4 | 13163,4 |
| 31 | 172 | 1922,9 | 35993,7 | 32598,5 | 18150,2 |
| 32 | 198 | 2032,4 | 23498,9 | 23276,9 | 17772 |
| 33 | 208 | 2645,8 | 30210,1 | 29810,9 | 14890,3 |
| 34 | 212 | 2124 | 18663,8 | 18663,8 | 18663,8 |
| 35 | 223 | 2251,5 | 26907,3 | 28008,5 | 25883,4 |
| 36 | 231 | 2355,1 | 26190,1 | 24313,6 | 15583,7 |
| 37 | 260 | 1724,2 | 0 | 0 | 0 |
| 38 | 325 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 39 | 342 | 903,7 | 28110,4 | 28110,4 | 28110,4 |

Tabela C2: Alimentador 3 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 4 | 603,4 | 14238,4 | 14238,4 | 14238,4 |
| 2 | 5 | 1031,5 | 44440,4 | 44440,4 | 44440,4 |
| 3 | 6 | 1123,9 | 4328,81 | 4328,81 | 4328,81 |
| 4 | 7 | 1221,8 | 1427,34 | 1427,34 | 1427,34 |
| 5 | 9 | 670,5 | 2523,04 | 2523,04 | 2523,04 |
| 6 | 10 | 713,2 | 23682,2 | 23102,3 | 23102,3 |
| 7 | 12 | 1507,7 | 16009,9 | 17756,9 | 10733,2 |
| 8 | 14 | 1695,1 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 21 | 1585,5 | 3015,32 | 3015,32 | 616,15 |
| 10 | 22 | 1712,9 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 23 | 1599,6 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 24 | 1813,1 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 38 | 2200,2 | 9756,67 | 9756,67 | 9756,67 |
| 14 | 39 | 2109,6 | 9856,63 | 19873,8 | 11765,2 |
| 15 | 40 | 2216,2 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 53 | 1680 | 29194,3 | 18320,1 | 12635 |
| 17 | 54 | 1780,1 | 30011 | 28879,2 | 30070,3 |
| 18 | 55 | 1774,5 | 25035,3 | 24894,5 | 8885,81 |
| 19 | 57 | 1766 | 21149,8 | 14669 | 7997,47 |
| 20 | 58 | 1973,6 | 40081,4 | 26112,7 | 19888,3 |
| 21 | 60 | 1077,9 | 16475,7 | 16475,7 | 16475,7 |
| 22 | 62 | 490,3 | 1113,53 | 1113,53 | 1113,53 |
| 23 | 68 | 1728,1 | 889,53 | 889,53 | 889,53 |
| 24 | 90 | 1348,4 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 98 | 1263,9 | 7400,24 | 7400,24 | 1142,53 |

Tabela C2: Alimentador 3 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 26 | 100 | 1283,6 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 108 | 1654 | 12494,4 | 14571,2 | 14249,4 |
| 28 | 109 | 1358,4 | 7434,45 | 7434,45 | 3806,63 |
| 29 | 111 | 1475,9 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 113 | 1686,3 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | 121 | 2011,8 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | 132 | 1779 | 8065,84 | 8065,84 | 8065,84 |
| 33 | 160 | 1051,6 | 0 | 0 | 0 |
| 34 | 163 | 1134,7 | 7593,08 | 7593,08 | 7593,08 |
| 35 | 174 | 1570,8 | 30030,6 | 20125,3 | 5674,19 |
| 36 | 176 | 1449,6 | 18976,8 | 13006,4 | 8292,72 |
| 37 | 178 | 1467,4 | 24523 | 23096,9 | 18939 |
| 38 | 181 | 1783,8 | 32341,2 | 22768,2 | 13078,5 |
| 39 | 184 | 1976,8 | 30869,9 | 19751,9 | 5382,67 |
| 40 | 186 | 1882,8 | 13510,3 | 13510,3 | 12749,4 |
| 41 | 188 | 1679,3 | 26252,9 | 16814,1 | 6427,01 |
| 42 | 190 | 1683,4 | 12898,5 | 12898,5 | 12898,5 |
| 43 | 204 | 1559,1 | 48430,2 | 46527,2 | 40179,1 |
| 44 | 214 | 1432,2 | 1664,13 | 1664,13 | 1664,13 |
| 45 | 220 | 1391,6 | 0 | 0 | 0 |
| 46 | 237 | 390,1 | 17708,4 | 16060,3 | 15463,1 |
| 47 | 273 | 783,3 | 0 | 0 | 0 |
| 48 | 340 | 1544 | 16288,5 | 12905,1 | 12905,1 |
| 49 | 369 | 2088,1 | 0 | 0 | 0 |
| 50 | 400 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 51 | 409 | 1772,8 | 0 | 0 | 0 |
| 52 | 419 | 1714,7 | 0 | 0 | 0 |

Tabela C3: Alimentador 4 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 3 | 3361,8 | 41291,4 | 25927,8 | 13732,1 |
| 2 | 5 | 800,6 | 22199,7 | 6710,34 | 3228,46 |
| 3 | 14 | 1167,9 | 30640,5 | 12200,1 | 2380,05 |
| 4 | 20 | 2626,3 | 23303,3 | 16714,7 | 6265,44 |
| 5 | 26 | 2403,2 | 17654,1 | 20554,2 | 19144,1 |
| 6 | 33 | 2393,1 | 39381,6 | 28772,9 | 13841,5 |
| 7 | 35 | 2497,7 | 33702,2 | 17338,2 | 2922,18 |
| 8 | 38 | 1353,2 | 11040 | 13593,1 | 5348,22 |
| 9 | 49 | 1133,4 | 20666,6 | 6232,1 | 1781,75 |
| 10 | 50 | 1153,1 | 18273,4 | 5822,51 | 4017,97 |

Tabela C3: Alimentador 4 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 11 | 65 | 1653,1 | 25297 | 24232,6 | 2723,57 |
| 12 | 69 | 1765,4 | 18800,1 | 22090,4 | 6677 |
| 13 | 77 | 1618,9 | 14406,3 | 11612,2 | 280,22 |
| 14 | 80 | 1689,5 | 22422,6 | 21207,8 | 2463,73 |
| 15 | 83 | 1881 | 39331,6 | 27897,4 | 8814,72 |
| 16 | 86 | 2087,6 | 28050,2 | 22376,1 | 15764,4 |
| 17 | 90 | 214,2 | 11432,2 | 10587,9 | 9907,9 |
| 18 | 91 | 394,7 | 18436,9 | 18436,9 | 18436,9 |
| 19 | 92 | 494,5 | 12895,7 | 6815,17 | 2663,63 |
| 20 | 96 | 928,3 | 19923,3 | 4166,36 | 3231,92 |
| 21 | 103 | 1144,2 | 17055,8 | 21484,8 | 10833 |
| 22 | 107 | 1278,9 | 23352,6 | 23157,9 | 9205,86 |
| 23 | 114 | 3508,2 | 37157,6 | 9198,21 | 3671,57 |
| 24 | 115 | 2510,6 | 33762,7 | 20258 | 7716,54 |
| 25 | 117 | 3277,6 | 12541,2 | 8504,3 | 1978,34 |
| 26 | 118 | 3476,6 | 21347,1 | 9357,3 | 6182,88 |
| 27 | 119 | 3734,3 | 18416,5 | 8863,64 | 5385,85 |
| 28 | 120 | 4042,1 | 20788,2 | 5817,88 | 3730,61 |
| 29 | 121 | 3804,3 | 24915 | 4505,81 | 3139,85 |
| 30 | 123 | 3339,8 | 30781,7 | 12376,3 | 4891,43 |
| 31 | 125 | 3009,9 | 52308,5 | 35489,1 | 14152,7 |
| 32 | 126 | 2790,9 | 22203,4 | 11066,8 | 4147,99 |
| 33 | 127 | 2784,6 | 26203,7 | 14580,2 | 3606,63 |
| 34 | 128 | 2486,9 | 26103,3 | 25623,3 | 2992,19 |
| 35 | 129 | 2514 | 16508,9 | 16264,3 | 2983,34 |
| 36 | 130 | 2639,9 | 13986,1 | 13986,1 | 3041,53 |
| 37 | 131 | 2671,7 | 14765,9 | 15698,8 | 932,89 |
| 38 | 132 | 3453,6 | 32578,3 | 18564,3 | 8487,84 |
| 39 | 147 | 3137,2 | 26133,1 | 29335,8 | 8720,66 |
| 40 | 155 | 2924,8 | 18505,8 | 18611,2 | 5867,17 |
| 41 | 162 | 2922,4 | 23024,4 | 24436,3 | 8227,94 |
| 42 | 167 | 3023,8 | 2967,46 | 2967,46 | 2332,44 |
| 43 | 168 | 3592 | 20909,1 | 14866,3 | 16652,1 |
| 44 | 170 | 3525,6 | 28953 | 16221 | 4761,47 |
| 45 | 180 | 2839,3 | 22628,4 | 8309,27 | 2479,45 |
| 46 | 182 | 2725,3 | 31698,4 | 20764,8 | 6887,45 |
| 47 | 183 | 2924,4 | 27327,1 | 18072,2 | 4606,96 |
| 48 | 184 | 2442,2 | 41148,3 | 25456,5 | 12212 |
| 49 | 198 | 3493,8 | 10252,5 | 11106,4 | 4164,77 |
| 50 | 201 | 2680 | 32055 | 18933,4 | 5824,78 |

Tabela C3: Alimentador 4 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 51 | 202 | 2389,7 | 19848,2 | 18296,4 | 5826,07 |
| 52 | 221 | 2780 | 21326,9 | 18567,8 | 3823,94 |
| 53 | 267 | 2816,4 | 35505 | 18072,3 | 5484,27 |
| 54 | 281 | 2858,7 | 27510,1 | 18587,5 | 14356,4 |
| 55 | 287 | 2729,8 | 13244,6 | 13239,3 | 2449,65 |
| 56 | 297 | 772,5 | 32369,5 | 11975,7 | 4516,8 |
| 57 | 300 | 3478 | 24424,8 | 21290,5 | 5264,32 |
| 58 | 313 | 3170,7 | 18946 | 13412,9 | 2573,77 |
| 59 | 320 | 3215,6 | 33182,8 | 26391,6 | 7985,73 |
| 60 | 322 | 3133,8 | 16055,8 | 18383,1 | 17791 |
| 61 | 355 | 3022,2 | 42923,3 | 26588 | 7098,07 |
| 62 | 363 | 3215,6 | 20344 | 8667,93 | 2142,72 |
| 63 | 365 | 2615,2 | 7775,96 | 5303,22 | 1152,36 |
| 64 | 375 | 2157,6 | 14242,2 | 17119 | 10435,1 |
| 65 | 397 | 2793,3 | 22585,3 | 12557,3 | 4526,97 |
| 66 | 419 | 3646,9 | 7546,65 | 7546,65 | 7546,65 |
| 67 | 422 | 3279,2 | 18125,7 | 17199,7 | 4543,25 |
| 68 | 424 | 3472 | 21390,9 | 16707,9 | 5664,27 |
| 69 | 441 | 3409,7 | 20462,7 | 20612,4 | 17670,7 |
| 70 | 457 | 1221,6 | 20171,3 | 20171,3 | 20171,3 |
| 71 | 464 | 919,6 | 40590,7 | 22042,5 | 5307,94 |
| 72 | 475 | 1370,5 | 28581,1 | 10267,2 | 4077,7 |
| 73 | 477 | 2200,9 | 20557,3 | 7571,39 | 2791,71 |
| 74 | 479 | 2288,8 | 19947,7 | 18318,1 | 10114,8 |
| 75 | 481 | 1960,8 | 15885,8 | 18149 | 14226,5 |
| 76 | 483 | 1996,9 | 7844,82 | 7844,82 | 7844,82 |
| 77 | 485 | 2002,3 | 13423,7 | 7105,57 | 5120,83 |
| 78 | 487 | 1965,4 | 133,87 | 133,87 | 133,87 |
| 79 | 491 | 2052,7 | 20669,3 | 11948,9 | 8570,52 |
| 80 | 493 | 1807,3 | 35147,4 | 28310 | 16674,1 |
| 81 | 495 | 1768,8 | 1890,11 | 1158,18 | 1158,18 |
| 82 | 499 | 1990,9 | 30785,8 | 11781,4 | 6137,66 |
| 83 | 501 | 1574,1 | 20831 | 10102,1 | 5665,63 |
| 84 | 503 | 1991,1 | 18925,9 | 10494 | 5882,47 |
| 85 | 505 | 2000,5 | 21497,5 | 10449,5 | 4485,56 |
| 86 | 511 | 1842,4 | 25166,8 | 14920,9 | 6013,42 |
| 87 | 544 | 2516,8 | 37289,1 | 17301,3 | 6392,5 |
| 88 | 546 | 2411,6 | 24472,2 | 10508,8 | 3861,86 |
| 89 | 548 | 2301,8 | 15439,6 | 10742,3 | 8075,69 |
| 90 | 550 | 2679,7 | 20186,5 | 11808,9 | 7161,62 |

Tabela C3: Alimentador 4 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 91 | 552 | 2475,8 | 26249,9 | 11277,2 | 4152,44 |
| 92 | 554 | 2955,5 | 14928,3 | 8709,9 | 2335,04 |
| 93 | 556 | 2347 | 15713,9 | 6358,11 | 3035,5 |
| 94 | 558 | 2208,6 | 16492,3 | 11726,9 | 5046,16 |
| 95 | 560 | 2102,3 | 17521,3 | 11935,7 | 5579,77 |
| 96 | 566 | 2475,9 | 13557,3 | 10592,1 | 4522,27 |
| 97 | 676 | 2050,8 | 44585,1 | 37790,3 | 25390,6 |
| 98 | 678 | 2019,3 | 23798,7 | 15190,4 | 6451,84 |
| 99 | 688 | 1235,6 | 37024,5 | 15420,6 | 9542,24 |
| 100 | 775 | 3551,6 | 0 | 0 | 0 |
| 101 | 857 | 2792,2 | 14981,3 | 18291,4 | 6346,3 |
| 102 | 951 | 4396 | 0 | 0 | 0 |
| 103 | 957 | 4297,1 | 4297,95 | 4750,03 | 1520,7 |
| 104 | 962 | 4143,9 | 0 | 0 | 0 |
| 105 | 967 | 4423,2 | 1334,09 | 2151,97 | 1887,63 |
| 106 | 974 | 4194,5 | 0 | 0 | 0 |
| 107 | 978 | 4271,8 | 0 | 0 | 0 |
| 108 | 987 | 4291,1 | 0 | 0 | 0 |
| 109 | 993 | 4266 | 0 | 0 | 0 |
| 110 | 996 | 4455,3 | 1337,75 | 1337,75 | 0 |
| 111 | 1022 | 3752,7 | 0 | 0 | 0 |
| 112 | 1024 | 3885 | 0 | 0 | 0 |
| 113 | 1059 | 4235,9 | 0 | 0 | 0 |
| 114 | 1072 | 1944,4 | 24407,2 | 24407,2 | 24407,2 |

Tabela C4: Alimentador 5 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 5 | 3831,9 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 8 | 4563,7 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 9 | 4633,4 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 10 | 4853,4 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 11 | 4812,8 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 17 | 5153,3 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 22 | 3143,2 | 18282,5 | 17652,6 | 7534,34 |
| 8 | 24 | 3433,4 | 12162,9 | 12162,9 | 11879,5 |
| 9 | 28 | 3222,3 | 48481,8 | 35061,7 | 20448,3 |
| 10 | 30 | 4017,2 | 22677 | 13254,6 | 5142,05 |

Tabela C4: Alimentador 5 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 11 | 31 | 4065,2 | 15587,4 | 13605,9 | 16034,7 |
| 12 | 32 | 3749,6 | 30652,2 | 23665,4 | 7672,86 |
| 13 | 33 | 2952,5 | 7247,14 | 6081,04 | 2135,89 |
| 14 | 49 | 3444,8 | 17767,9 | 18712,2 | 7190,88 |
| 15 | 55 | 3639,1 | 13776,3 | 14132,8 | 4878,78 |
| 16 | 59 | 3775,4 | 25368 | 18653,9 | 8025,1 |
| 17 | 60 | 4152,8 | 8137,13 | 5766,23 | 1812,91 |
| 18 | 64 | 3520,8 | 43174,9 | 34882,4 | 28645,9 |
| 19 | 66 | 3653,9 | 22864,6 | 16854,1 | 3327,06 |
| 20 | 67 | 3806,8 | 17062,6 | 15119,5 | 4217,65 |
| 21 | 69 | 3879,2 | 24723,4 | 20977,2 | 8764,66 |
| 22 | 70 | 3753,4 | 22212,6 | 21216 | 6511,24 |
| 23 | 71 | 3326,9 | 23493,5 | 18356,9 | 5505,27 |
| 24 | 74 | 3662,9 | 33415,5 | 25343,3 | 9629,36 |
| 25 | 75 | 3677,5 | 29668,9 | 19498,7 | 9037,96 |
| 26 | 76 | 3855,7 | 28658,8 | 16431,7 | 3744,01 |
| 27 | 90 | 2339,2 | 17199,8 | 17460,8 | 9730,34 |
| 28 | 91 | 3256,3 | 8164,79 | 8164,79 | 8164,79 |
| 29 | 92 | 2189,7 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 96 | 2310,8 | 11855,8 | 11855,8 | 11855,8 |
| 31 | 98 | 2334,6 | 17500,8 | 18155 | 16257,4 |
| 32 | 101 | 2443,2 | 0 | 0 | 0 |
| 33 | 106 | 2608,7 | 13177,4 | 11581,2 | 4270,73 |
| 34 | 109 | 2704,4 | 10087,9 | 10480,2 | 5214,28 |
| 35 | 115 | 2511,6 | 12689,5 | 12816,5 | 12816,5 |
| 36 | 125 | 2562,9 | 13155,1 | 12277 | 6842,52 |
| 37 | 129 | 2703,4 | 7373,51 | 10361,3 | 3434,03 |
| 38 | 133 | 2829,4 | 11262,3 | 10381,5 | 4048,25 |
| 39 | 134 | 1470,3 | 19059,1 | 17586 | 4617,2 |
| 40 | 135 | 1567,4 | 18109,5 | 18437,6 | 10093,8 |
| 41 | 141 | 2405,2 | 17733 | 13851,2 | 13704,1 |
| 42 | 142 | 2586,8 | 28136,3 | 17332,7 | 5908,18 |
| 43 | 151 | 281,6 | 0 | 0 | 0 |
| 44 | 152 | 466,8 | 0 | 0 | 0 |
| 45 | 155 | 896,4 | 9404,31 | 9404,31 | 8425,15 |
| 46 | 156 | 897,1 | 7391,88 | 7391,88 | 5888,29 |
| 47 | 157 | 1150,7 | 4441,76 | 4441,76 | 4441,76 |
| 48 | 158 | 1003,3 | 14385,5 | 17581,4 | 6167,38 |
| 49 | 166 | 4831,7 | 0 | 0 | 0 |
| 50 | 170 | 3275,4 | 36468,6 | 33202,7 | 35533,2 |

Tabela C4: Alimentador 5 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 51 | 175 | 3263,6 | 27275,3 | 18279,2 | 4706,31 |
| 52 | 191 | 3201,1 | 7580,67 | 7580,67 | 7580,67 |
| 53 | 215 | 2871,6 | 8115,77 | 8115,77 | 8115,77 |
| 54 | 225 | 4967,4 | 12804,4 | 8932,99 | 4813,45 |
| 55 | 235 | 765,8 | 2927,85 | 2927,85 | 877,39 |
| 56 | 237 | 851,4 | 1686,79 | 1686,79 | 1686,79 |
| 57 | 239 | 3425,9 | 0 | 0 | 0 |
| 58 | 242 | 615,2 | 0 | 0 | 0 |
| 59 | 245 | 3471,1 | 3566,05 | 3566,05 | 3566,05 |
| 60 | 246 | 3462,3 | 364,28 | 364,28 | 364,28 |
| 61 | 246 | 3462,3 | 0 | 0 | 0 |
| 62 | 249 | 3050,6 | 2866,51 | 2866,51 | 2866,51 |
| 63 | 251 | 3159,4 | 0 | 0 | 0 |
| 64 | 260 | 3895,9 | 25140,9 | 13071,2 | 4721,64 |
| 65 | 262 | 1174,2 | 7942,04 | 10118,4 | 6593,24 |
| 66 | 264 | 1096,8 | 35064,2 | 1427,06 | 584,68 |
| 67 | 266 | 1160,7 | 41202,6 | 3385,39 | 2704,38 |
| 68 | 267 | 1285,7 | 31905,4 | 2093,03 | 1759,86 |
| 69 | 270 | 3099,9 | 9124,55 | 9124,55 | 9124,55 |
| 70 | 272 | 2484,8 | 7657,68 | 7657,68 | 7657,68 |
| 71 | 289 | 3019,4 | 10057,7 | 12510,2 | 6007,09 |
| 72 | 296 | 2165 | 5303,11 | 5303,11 | 5462,77 |
| 73 | 301 | 1572,4 | 36416,9 | 36812,6 | 19676,6 |
| 74 | 306 | 1140,8 | 3760,86 | 3760,86 | 3760,86 |
| 75 | 316 | 3194,6 | 1602,79 | 1602,79 | 1602,79 |
| 76 | 323 | 3940,3 | 22704 | 6182,03 | 1431,08 |
| 77 | 324 | 2360,1 | 29614,5 | 29614,5 | 29614,5 |
| 78 | 326 | 3703,1 | 29271,6 | 28396,2 | 19315,3 |
| 79 | 333 | 4128 | 5338,12 | 4680,36 | 2431,13 |
| 80 | 335 | 4763,6 | 2354,47 | 4991,97 | 1479,61 |
| 81 | 336 | 4461,4 | 6923,41 | 9041,32 | 1487,21 |
| 82 | 339 | 4313 | 2215,72 | 1990,9 | 2787,43 |
| 83 | 340 | 4610 | 5801,78 | 8503,99 | 3835,15 |
| 84 | 342 | 4238 | 2339,42 | 4431,13 | 1045,71 |
| 85 | 349 | 3961,2 | 3284,44 | 2800,74 | 668,05 |
| 86 | 350 | 3912,8 | 3341,08 | 5235,79 | 3093,13 |
| 87 | 351 | 4166,1 | 5124,83 | 6850,11 | 2666,93 |
| 88 | 353 | 4111,7 | 1724,36 | 3957,11 | 2238,21 |
| 89 | 357 | 4226,9 | 3093,17 | 3093,17 | 3093,17 |
| 90 | 364 | 3979,5 | 5103,52 | 6157,93 | 2674,05 |

Tabela C4: Alimentador 5 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 91 | 372 | 3713,8 | 12908,8 | 14216,2 | 8243,17 |
| 92 | 376 | 3899,1 | 0 | 0 | 0 |
| 93 | 391 | 0 | 3029,8 | 3029,8 | 3029,8 |
| 94 | 398 | 2374,1 | 20053,5 | 8358,56 | 4974,65 |
| 95 | 400 | 2314,7 | 22490,2 | 15219,8 | 6583,61 |
| 96 | 402 | 2426,7 | 45820 | 15475,5 | 4180,38 |
| 97 | 418 | 2303,4 | 14400 | 12794,5 | 10340,4 |
| 98 | 420 | 1475,5 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 424 | 1952,3 | 23497,3 | 20485,4 | 6064,54 |
| 100 | 426 | 2119,7 | 26726,8 | 21721,8 | 5911,94 |
| 101 | 432 | 1713,7 | 7287,85 | 7287,85 | 7287,85 |
| 102 | 434 | 2372,7 | 8503,58 | 8503,58 | 8503,58 |
| 103 | 479 | 2395,5 | 23784,5 | 24616,8 | 9338,2 |
| 104 | 524 | 3877,1 | 60364,2 | 6039,35 | 3198,53 |
| 105 | 526 | 3968,1 | 38236 | 11042,6 | 7929,72 |
| 106 | 528 | 4231,7 | 31079,1 | 8618,9 | 5538,7 |
| 107 | 530 | 3937,1 | 23751,9 | 10203 | 5084,11 |
| 108 | 532 | 4062,5 | 25841,6 | 7552,52 | 4523,96 |
| 109 | 537 | 4481,2 | 16014,4 | 17236,7 | 8267,74 |
| 110 | 542 | 4403,6 | 16538,5 | 15091,2 | 5074,24 |
| 111 | 569 | 4085,3 | 22908,8 | 4342,31 | 693,75 |
| 112 | 589 | 4129,7 | 9789,44 | 11911,2 | 6273,95 |
| 113 | 628 | 4023,5 | 22157,6 | 7406,23 | 3451,58 |
| 114 | 630 | 3615,4 | 11033,5 | 9020,52 | 7663,04 |
| 115 | 635 | 4565,8 | 11752,3 | 10865,5 | 4614,07 |
| 116 | 637 | 4705,2 | 18967,4 | 12033,3 | 2687,02 |
| 117 | 639 | 4935,6 | 14710,4 | 8309,86 | 5176,1 |
| 118 | 641 | 4779,4 | 17521 | 15832,8 | 8729,45 |
| 119 | 643 | 3720 | 28143,4 | 3155,84 | 1115,86 |
| 120 | 645 | 3821,4 | 5710,77 | 3351,38 | 718,08 |
| 121 | 648 | 3821,6 | 17812,4 | 19055,4 | 17378,4 |
| 122 | 655 | 3936,1 | 33767,1 | 9689,97 | 3991,82 |
| 123 | 665 | 4146,3 | 7787,31 | 2861,7 | 1932,7 |
| 124 | 667 | 4107,2 | 37951,6 | 9001,77 | 2703,47 |
| 125 | 683 | 4253,2 | 19502,6 | 4180,2 | 1048,38 |
| 126 | 699 | 3627,6 | 3950,69 | 3950,69 | 3950,69 |
| 127 | 705 | 3653,5 | 7543,33 | 7543,33 | 7543,33 |
| 128 | 708 | 3672,6 | 29613,1 | 13431,9 | 9609,48 |
| 129 | 725 | 4299,2 | 23144,4 | 5949,92 | 748,65 |
| 130 | 727 | 4340,6 | 34766,1 | 10901,8 | 5867,99 |

Tabela C4: Alimentador 5 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 131 | 730 | 4379,2 | 34947,5 | 11652,7 | 2725,32 |
| 132 | 740 | 4361,4 | 17891,2 | 2744 | 3210,18 |
| 133 | 758 | 3287,4 | 35345,2 | 30680,8 | 10099,7 |
| 134 | 904 | 2993,7 | 10820,1 | 7927,79 | 4075,21 |
| 135 | 996 | 2572,2 | 1733,77 | 1733,77 | 1560,05 |
| 136 | 1158 | 4018,7 | 0 | 0 | 0 |
| 137 | 1165 | 3283,7 | 0 | 0 | 0 |
| 138 | 1177 | 4931 | 240,96 | 240,96 | 0 |
| 139 | 1187 | 4778,1 | 3210,46 | 2482,22 | 1387,51 |
| 140 | 1207 | 4489,8 | 497,52 | 497,52 | 0 |
| 141 | 1210 | 4915,5 | 511,5 | 1207,61 | 0 |
| 142 | 1218 | 4584,5 | 4015,84 | 4140,71 | 1458,34 |
| 143 | 1260 | 4040,9 | 5279,14 | 5590,91 | 2394,68 |
| 144 | 1289 | 2751,4 | 0 | 0 | 0 |
| 145 | 1293 | 1976,7 | 2542,52 | 2542,52 | 2542,52 |
| 146 | 1298 | 2132,6 | 240,96 | 240,96 | 0 |
| 147 | 1303 | 2288,7 | 0 | 0 | 0 |
| 148 | 1320 | 2353,1 | 0 | 0 | 0 |
| 149 | 1327 | 3235,4 | 0 | 0 | 0 |

Tabela C5: Alimentador 6 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 9 | 6621,7 | 16893,4 | 6042,94 | 5659,93 |
| 2 | 14 | 6553,6 | 19903,2 | 4527,91 | 3906,79 |
| 3 | 42 | 8176,5 | 7720,46 | 7711,68 | 1747,23 |
| 4 | 46 | 8134,7 | 6140,43 | 6676,25 | 6222,56 |
| 5 | 48 | 8377,6 | 7416,61 | 9231,43 | 7350,69 |
| 6 | 52 | 8348,1 | 8213,27 | 5221,87 | 1309,54 |
| 7 | 54 | 8587,1 | 9049,12 | 7195,83 | 2709,45 |
| 8 | 61 | 8662 | 2479,8 | 4450,56 | 1398,75 |
| 9 | 62 | 8717,7 | 1697,56 | 4735,97 | 2299,72 |
| 10 | 68 | 6047,6 | 19038,7 | 4422,14 | 2154,76 |
| 11 | 73 | 6207,7 | 14054,6 | 3374,39 | 3695,26 |
| 12 | 79 | 6388,5 | 5995,31 | 5995,31 | 5995,31 |
| 13 | 80 | 6322,5 | 17958,6 | 6931,99 | 2803,13 |
| 14 | 83 | 6591,5 | 18925,6 | 5952,34 | 6235,86 |
| 15 | 122 | 7006,1 | 25993,5 | 9631,4 | 2204,05 |
| 16 | 133 | 6603,2 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 143 | 6698,6 | 39018,1 | 18047,1 | 9709,59 |
| 18 | 148 | 6849,2 | 27948,4 | 6633,74 | 4707,92 |

Tabela C5: Alimentador 6 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 19 | 153 | 6987,1 | 10816,6 | 3283,62 | 1104,87 |
| 20 | 203 | 5380,2 | 18940,1 | 4150,29 | 2909,49 |
| 21 | 210 | 5581,9 | 13832,7 | 5849,23 | 2808,46 |
| 22 | 227 | 4444,1 | 28546,7 | 19953,2 | 5988,63 |
| 23 | 228 | 4487,6 | 23525,3 | 14018,9 | 4487,96 |
| 24 | 250 | 5085,9 | 18559,4 | 19834,6 | 14718,9 |
| 25 | 251 | 4918 | 26737,4 | 15399,3 | 8424,64 |
| 26 | 253 | 4681,5 | 23879,1 | 17139,9 | 7863,09 |
| 27 | 255 | 4592,5 | 22249,8 | 17269,8 | 6657,14 |
| 28 | 257 | 4503,9 | 17059,7 | 12529,6 | 6469,88 |
| 29 | 263 | 5223,5 | 19615 | 14177,2 | 4938,01 |
| 30 | 265 | 5310,2 | 12670,2 | 6118,38 | 4332,15 |
| 31 | 273 | 5145,9 | 30072,5 | 18094,5 | 10076,3 |
| 32 | 274 | 3835,8 | 10014,7 | 14287,7 | 3372,54 |
| 33 | 281 | 4050,3 | 23024 | 12562,5 | 9953,46 |
| 34 | 290 | 4319,4 | 14438,3 | 12662,5 | 5318,08 |
| 35 | 296 | 4493 | 17721,3 | 11381,1 | 5565,33 |
| 36 | 301 | 4057,8 | 31375,1 | 17352,5 | 14335,3 |
| 37 | 307 | 4346,9 | 15068,6 | 9699,44 | 9679,01 |
| 38 | 309 | 4436 | 22136,7 | 9346,15 | 10919,2 |
| 39 | 311 | 4524,4 | 22137,4 | 17279,6 | 13116,7 |
| 40 | 312 | 4618,3 | 22305 | 12161,8 | 5540,39 |
| 41 | 314 | 4701,6 | 21933,9 | 14246,9 | 7514,85 |
| 42 | 319 | 4547 | 12120,3 | 3897,73 | 1424,51 |
| 43 | 323 | 4673,6 | 14228,7 | 6953,87 | 5349,43 |
| 44 | 328 | 3871,1 | 39903,1 | 26434 | 13761,3 |
| 45 | 333 | 3897,3 | 10824 | 9717,6 | 2658,06 |
| 46 | 354 | 1125,5 | 31955,2 | 6645,15 | 5231,38 |
| 47 | 359 | 2284 | 26974,1 | 5634,49 | 2489,26 |
| 48 | 374 | 3628,1 | 1171,05 | 1171,05 | 1171,05 |
| 49 | 384 | 4012,5 | 11604,3 | 1547,53 | 347,52 |
| 50 | 388 | 775,5 | 16743,9 | 13440,6 | 5030,25 |
| 51 | 389 | 267,5 | 1838,54 | 0 | 0 |
| 52 | 390 | 560,2 | 4560,9 | 3570,77 | 3570,77 |
| 53 | 391 | 818,7 | 32754,7 | 8875,28 | 3717,79 |
| 54 | 394 | 777,8 | 8897,48 | 8897,48 | 8897,48 |
| 55 | 404 | 1172,8 | 30965,8 | 32725,6 | 18806,7 |
| 56 | 409 | 867,2 | 13713,6 | 13713,6 | 13713,6 |
| 57 | 469 | 6358,8 | 20213,1 | 2060 | 1259,48 |
| 58 | 484 | 2915 | 8467,06 | 7585,18 | 3041,82 |

Tabela C5: Alimentador 6 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 59 | 506 | 6003,7 | 0 | 0 | 0 |
| 60 | 513 | 1312 | 36363 | 6055,01 | 3222,33 |
| 61 | 517 | 5715,1 | 354,16 | 354,16 | 0 |
| 62 | 519 | 6678,7 | 2222,89 | 2222,89 | 2222,89 |
| 63 | 521 | 5921,7 | 1116,98 | 1116,98 | 1116,98 |
| 64 | 530 | 7368,7 | 12807,5 | 3735,37 | 1915,31 |
| 65 | 532 | 6115,9 | 32149,9 | 16284,2 | 15620,8 |
| 66 | 534 | 5475,5 | 33422 | 8133,4 | 4924,61 |
| 67 | 536 | 7425,1 | 8597,12 | 4653,46 | 1104,51 |
| 68 | 538 | 7600 | 6292,71 | 1488,19 | 2940,35 |
| 69 | 543 | 1430,4 | 22498,3 | 22958,2 | 5461,94 |
| 70 | 544 | 1464,4 | 28783,6 | 31625,5 | 6024,15 |
| 71 | 546 | 6969,7 | 21331,5 | 6834,67 | 6602,59 |
| 72 | 548 | 6271,9 | 23750,8 | 9024,32 | 3732,98 |
| 73 | 565 | 7953,1 | 0 | 0 | 0 |
| 74 | 577 | 7168,4 | 7476,07 | 7476,07 | 7476,07 |
| 75 | 586 | 6271,6 | 7031,26 | 7031,26 | 2290,56 |
| 76 | 587 | 6398,2 | 199,1 | 199,1 | 199,1 |
| 77 | 592 | 5891,8 | 483,63 | 483,63 | 483,63 |
| 78 | 604 | 10739,8 | 1050,01 | 1050,01 | 1050,01 |
| 79 | 605 | 10655,2 | 3611,52 | 3194,71 | 3194,71 |
| 80 | 606 | 6809,7 | 7549,35 | 7549,35 | 7549,35 |
| 81 | 615 | 9868,5 | 3453,27 | 3453,27 | 3453,27 |
| 82 | 617 | 10114,7 | 8334,75 | 8334,75 | 8334,75 |
| 83 | 620 | 7952,4 | 2952,99 | 1445,1 | 1445,1 |
| 84 | 625 | 6969 | 6374,06 | 6374,06 | 3242,9 |
| 85 | 627 | 7069 | 4667,41 | 4667,41 | 4667,41 |
| 86 | 628 | 6723,5 | 411,94 | 411,94 | 411,94 |
| 87 | 629 | 6996 | 1393,91 | 1393,91 | 1393,91 |
| 88 | 636 | 7745,3 | 3190,29 | 3190,29 | 3190,29 |
| 89 | 638 | 8404,4 | 521,07 | 521,07 | 521,07 |
| 90 | 642 | 9221,3 | 524,19 | 524,19 | 524,19 |
| 91 | 644 | 9468,5 | 788,13 | 788,13 | 788,13 |
| 92 | 646 | 10174,1 | 630,79 | 630,79 | 630,79 |
| 93 | 649 | 10683,2 | 1513,44 | 1513,44 | 1513,44 |
| 94 | 651 | 10550,8 | 2606,49 | 1046,65 | 1046,65 |
| 95 | 659 | 6014 | 2072,88 | 2072,88 | 2072,88 |
| 96 | 662 | 6438,3 | 2932,09 | 2932,09 | 2932,09 |
| 97 | 665 | 7585,7 | 1245,57 | 1245,57 | 1245,57 |
| 98 | 672 | 7788,9 | 0 | 0 | 0 |

Tabela C5: Alimentador 6 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 99 | 676 | 7840,9 | 1217,75 | 1217,75 | 1217,75 |
| 100 | 678 | 7888,2 | 1253,97 | 1253,97 | 1253,97 |
| 101 | 681 | 8641,7 | 3201,79 | 3201,79 | 3201,79 |
| 102 | 684 | 8950,6 | 1219,44 | 1219,44 | 1219,44 |
| 103 | 685 | 8903,5 | 1717,93 | 1717,93 | 1717,93 |
| 104 | 699 | 8077,5 | 580,63 | 580,63 | 580,63 |
| 105 | 704 | 7296,7 | 1128,19 | 1128,19 | 1128,19 |
| 106 | 706 | 7432,5 | 0 | 1199,1 | 1199,1 |
| 107 | 713 | 1457,7 | 9603,3 | 13925,3 | 8278,53 |
| 108 | 722 | 10917,7 | 4989,92 | 4989,92 | 4989,92 |
| 109 | 733 | 5236,4 | 0 | 0 | 0 |
| 110 | 796 | 7138,8 | 25744 | 7540,39 | 4366,86 |
| 111 | 802 | 7672,4 | 8877,25 | 1251,87 | 996,9 |
| 112 | 812 | 5916,3 | 31373,2 | 10315,2 | 3452,26 |
| 113 | 826 | 5814,2 | 14430,9 | 3832,95 | 3713,89 |
| 114 | 833 | 5874 | 25636,3 | 3227,07 | 2480,86 |
| 115 | 840 | 5920,5 | 20012,9 | 2256,96 | 5730,48 |
| 116 | 841 | 5759,9 | 20220,4 | 4164,1 | 3015,95 |
| 117 | 846 | 6001,6 | 11214,8 | 5890,58 | 3882,49 |
| 118 | 850 | 5808,6 | 14126,6 | 2454,1 | 3903,64 |
| 119 | 854 | 6079,1 | 4375,19 | 4375,19 | 4375,19 |
| 120 | 873 | 4878,2 | 6510,86 | 3836,71 | 76,82 |
| 121 | 876 | 4964,4 | 9702,31 | 10556,4 | 6322,06 |
| 122 | 881 | 5100,2 | 4256,77 | 3694,04 | 2768,57 |
| 123 | 909 | 3234,5 | 1120,4 | 963,31 | 0 |
| 124 | 1040 | 2483,1 | 1434,3 | 1165,75 | 1031,47 |
| 125 | 1042 | 2263,9 | 2888,19 | 2888,19 | 541,68 |
| 126 | 1044 | 2743,4 | 10451,1 | 6669,88 | 4971,23 |
| 127 | 1046 | 2820,6 | 9470,64 | 10414,6 | 5944,24 |
| 128 | 1056 | 1977,3 | 21476,1 | 17516,9 | 9820,66 |
| 129 | 1058 | 2090,4 | 29676 | 12969,8 | 2619,65 |
| 130 | 1060 | 1804,1 | 25715,3 | 12168,4 | 6135,29 |
| 131 | 1064 | 1949,6 | 12905,8 | 11048,3 | 4436,55 |
| 132 | 1112 | 2024,3 | 31757 | 18332,1 | 7399,85 |
| 133 | 1118 | 1481,5 | 24053,1 | 25694 | 18997,2 |
| 134 | 1127 | 2118,1 | 30495,4 | 8824,85 | 6467,25 |
| 135 | 1156 | 2208,8 | 26921,2 | 5709,53 | 3203,9 |
| 136 | 1160 | 2216,2 | 21285,2 | 17835,2 | 6086,61 |
| 137 | 1162 | 2427,4 | 17160,5 | 15771,7 | 3623,36 |
| 138 | 1177 | 2923,9 | 4894,79 | 5861,91 | 3124,66 |

Tabela C5: Alimentador 6 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 139 | 1199 | 3526,6 | 0 | 0 | 0 |
| 140 | 1209 | 3315,6 | 24357,6 | 1578,85 | 822,77 |
| 141 | 1211 | 3394 | 35614,7 | 5423,75 | 2905,09 |
| 142 | 1215 | 3462,5 | 27420,6 | 1574,68 | 323,19 |
| 143 | 1217 | 3625,6 | 296,27 | 296,27 | 296,27 |
| 144 | 1218 | 3252,1 | 29378,2 | 1035,37 | 1048,66 |
| 145 | 1220 | 3330 | 15767,6 | 15767,6 | 15767,6 |
| 146 | 1233 | 4198,9 | 15047,6 | 16065,6 | 4334,56 |
| 147 | 1235 | 4176,1 | 13383,9 | 14711,7 | 5583,98 |
| 148 | 1260 | 4372,1 | 11238,8 | 13933,2 | 4391,84 |
| 149 | 1346 | 7184,2 | 11527,3 | 4671,14 | 2815,25 |
| 150 | 1350 | 7592,1 | 1415,21 | 1415,21 | 0 |
| 151 | 1369 | 2801,2 | 12703,2 | 12546,4 | 3516,6 |
| 152 | 1374 | 2801,9 | 12805,6 | 10415,2 | 7085,01 |
| 153 | 1381 | 10273,3 | 495,7 | 495,7 | 0 |
| 154 | 1393 | 4591,6 | 2426,67 | 2426,67 | 2426,67 |
| 155 | 1406 | 5937,3 | 21677,7 | 8397,8 | 4824,75 |
| 156 | 1425 | 2248,7 | 0 | 0 | 0 |

Tabela C6: Alimentador 7 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 5 | 1359.2 | 27197.3 | 16653 | 4730.8 |
| 2 | 6 | 1659.6 | 27334.2 | 8733.89 | 6092.7 |
| 3 | 7 | 1147.3 | 20625.2 | 6161.29 | 6382.27 |
| 4 | 8 | 1861.4 | 30268.8 | 11368.4 | 8529.37 |
| 5 | 9 | 1987.3 | 17495.4 | 7776.13 | 4483.26 |
| 6 | 10 | 2893 | 17283.4 | 15712.4 | 13456 |
| 7 | 11 | 3067.4 | 40745 | 32602.7 | 15381.9 |
| 8 | 12 | 2558.8 | 29056.1 | 9544.98 | 4314.89 |
| 9 | 13 | 2311.3 | 35617.2 | 23901.4 | 7150.66 |
| 10 | 14 | 2217.4 | 27427.4 | 12945.9 | 4662.42 |
| 11 | 15 | 1507.6 | 29882.2 | 14989.6 | 6572.57 |
| 12 | 16 | 802.3 | 17736.8 | 14454.9 | 3980.5 |
| 13 | 18 | 1281.2 | 45342.7 | 32169.1 | 16399 |
| 14 | 19 | 1498.8 | 21729 | 21372 | 15663.1 |
| 15 | 20 | 1373.3 | 33809.4 | 16979.5 | 6616.75 |
| 16 | 21 | 1502 | 21666.3 | 9669.93 | 3696.14 |
| 17 | 22 | 1137.4 | 17633.2 | 17874.2 | 9769.66 |
| 18 | 24 | 2364.2 | 30768.2 | 17918.4 | 7061.3 |
| 19 | 25 | 2207.6 | 43157.4 | 27826.6 | 11141.9 |

Tabela C6: Alimentador 7 da Subestação 3

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 20 | 26 | 311.8 | 4553.34 | 3429.83 | 2853.62 |
| 21 | 27 | 428.5 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 28 | 458.3 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 33 | 1093.2 | 32236 | 27971.3 | 16467 |
| 24 | 35 | 1351.4 | 24603 | 10674.1 | 5351.17 |
| 25 | 70 | 1417.7 | 20452.3 | 15333.1 | 4791.37 |
| 26 | 78 | 1703.2 | 7625.85 | 7675.34 | 6716.13 |
| 27 | 79 | 477.8 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 81 | 452.6 | 14960.8 | 14960.8 | 14960.8 |
| 29 | 86 | 2199.5 | 8881.7 | 6593.86 | 4584.04 |
| 30 | 88 | 512.7 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | 89 | 548.9 | 2563.09 | 2563.09 | 2563.09 |
| 32 | 105 | 1898.7 | 15165.5 | 8118.86 | 2381.98 |
| 33 | 107 | 1964.6 | 24348.3 | 9640.04 | 3984.35 |
| 34 | 117 | 1841.7 | 16482.6 | 7384.24 | 2589.42 |
| 35 | 138 | 1609.8 | 29991.4 | 14479.5 | 5002.64 |
| 36 | 155 | 2107.5 | 30721.8 | 18535 | 11473.1 |
| 37 | 159 | 1881.7 | 20591.8 | 23929.3 | 15681.3 |
| 38 | 161 | 1884.1 | 14206.1 | 14206.1 | 14206.1 |
| 39 | 163 | 2037 | 30445.7 | 12187.8 | 2980.23 |
| 40 | 201 | 2089.4 | 16096.7 | 6255.22 | 896.26 |
| 41 | 208 | 2087.4 | 16799.6 | 19680.6 | 18205.6 |
| 42 | 212 | 1643.7 | 24416 | 10233.2 | 3040.97 |
| 43 | 214 | 2003.7 | 31921.3 | 19832.9 | 14268.7 |
| 44 | 216 | 1856.7 | 21861.8 | 3674.76 | 1412.08 |
| 45 | 218 | 1897 | 11839.4 | 10881 | 7666.79 |
| 46 | 235 | 2313.6 | 28284.8 | 13830.3 | 3004.05 |
| 47 | 244 | 2016.9 | 18379.8 | 13852.8 | 6349.86 |
| 48 | 253 | 2545 | 29897.3 | 16023.8 | 4310.01 |
| 49 | 262 | 2167.7 | 33564.2 | 22060.3 | 7345.41 |
| 50 | 264 | 2098 | 35665.9 | 18106.6 | 6936.7 |
| 51 | 270 | 2222.2 | 7325.66 | 11362.2 | 8960.28 |
| 52 | 325 | 2540.9 | 17225.9 | 12355.8 | 3010.16 |
| 53 | 327 | 3148.6 | 27165.8 | 5703.11 | 1253.59 |
| 54 | 329 | 2714.2 | 16049.6 | 11109.1 | 13377.2 |
| 55 | 331 | 2983.1 | 15886 | 19964.2 | 14164.3 |
| 56 | 333 | 2800.6 | 14291.3 | 15353.5 | 15966.4 |
| 57 | 335 | 3092.4 | 1042.9 | 1042.9 | 0 |
| 58 | 369 | 1025.4 | 17815.4 | 14126.4 | 5440.32 |
| 59 | 640 | 1945.2 | 0 | 0 | 0 |

Apêndice D – Dados da Subestação 4

Tabela D1: Alimentador 2 da Subestação 4

| Trafo | Bi trafo | Dist SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 4 | 3872,8 | 30870,3 | 30054,6 | 13485,5 |
| 2 | 6 | 4070,9 | 23478,9 | 19725,1 | 5096,18 |
| 3 | 10 | 3290,4 | 8312,93 | 8312,93 | 738,75 |
| 4 | 11 | 3435,5 | 19406,4 | 18307,7 | 3804,96 |
| 5 | 12 | 3394 | 15297 | 15297 | 8971,66 |
| 6 | 13 | 3434,3 | 10855 | 10855 | 10769,2 |
| 7 | 14 | 3322,7 | 13566,5 | 12132,3 | 5524,11 |
| 8 | 15 | 3312 | 12212,8 | 12212,8 | 12212,8 |
| 9 | 16 | 3263,8 | 28854,9 | 27233 | 24936,5 |
| 10 | 17 | 3190,8 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 18 | 3292,7 | 6970,1 | 6970,1 | 6970,1 |
| 12 | 19 | 3312,6 | 24005,8 | 23618,1 | 16121,3 |
| 13 | 20 | 3336,6 | 4597,43 | 4597,43 | 335,76 |
| 14 | 21 | 4134,1 | 19157,3 | 20123,8 | 9411,21 |
| 15 | 22 | 4269,2 | 28735,2 | 23456,7 | 12581 |
| 16 | 23 | 3946,7 | 18756,7 | 17532,6 | 10188,8 |
| 17 | 24 | 4053,2 | 15133,2 | 16279,1 | 6539,27 |
| 18 | 25 | 3429,6 | 11894,6 | 11894,6 | 11894,6 |
| 19 | 28 | 3106,9 | 34666,2 | 21816 | 10692,1 |
| 20 | 29 | 3011,1 | 16413,7 | 16413,7 | 16413,7 |
| 21 | 29 | 3011,1 | 26377,3 | 25216,9 | 10954,2 |
| 22 | 30 | 2987,7 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 31 | 2970,6 | 31654,2 | 24073,8 | 11565,1 |
| 24 | 32 | 2912 | 14360 | 11807,1 | 8734,23 |
| 25 | 33 | 2892,6 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 34 | 2870,8 | 34435,1 | 31528,1 | 12531,8 |
| 27 | 35 | 2833,6 | 24004,4 | 26860 | 20335,3 |

Tabela D1: Alimentador 2 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 28 | 36 | 2788,2 | 17889,1 | 17889,1 | 17889,1 |
| 29 | 37 | 2767,1 | 20198,9 | 18820,5 | 11508,8 |
| 30 | 38 | 2705,7 | 29532,1 | 29682,8 | 18142,6 |
| 31 | 39 | 2688,1 | 19718,1 | 16392,4 | 6593,14 |
| 32 | 41 | 1747,5 | 42340,3 | 24613,9 | 11413 |
| 33 | 48 | 1941,2 | 18557,3 | 14260 | 8839,66 |
| 34 | 51 | 2872,4 | 18887,5 | 18214 | 15844,5 |
| 35 | 53 | 3539,5 | 10840,5 | 10840,5 | 10840,5 |
| 36 | 54 | 3506,3 | 26310,7 | 26901,4 | 17220,3 |
| 37 | 59 | 2860,6 | 16296,2 | 18719,4 | 21055,9 |
| 38 | 60 | 2918,5 | 36410,2 | 31245,5 | 15382,8 |
| 39 | 62 | 3028,7 | 22168,1 | 20066,6 | 8506,95 |
| 40 | 63 | 3095,1 | 31814,9 | 28874,1 | 14616,1 |
| 41 | 64 | 3191,1 | 0 | 0 | 0 |
| 42 | 69 | 2663,5 | 0 | 0 | 0 |
| 43 | 71 | 3519,4 | 6530,34 | 6530,34 | 6530,34 |
| 44 | 72 | 3015,6 | 0 | 0 | 0 |
| 45 | 73 | 2726,4 | 28348,8 | 28348,8 | 28348,8 |
| 46 | 75 | 2600,7 | 9134,77 | 9134,77 | 9134,77 |
| 47 | 82 | 2808,4 | 7605,7 | 7018,89 | 6548,93 |
| 48 | 83 | 2797,9 | 30814,3 | 28739,6 | 22230,6 |
| 49 | 85 | 2901,3 | 0 | 0 | 0 |
| 50 | 86 | 2628,7 | 0 | 0 | 0 |
| 51 | 111 | 2240,2 | 30382,5 | 24685,3 | 18577,2 |
| 52 | 112 | 2274,7 | 28402,4 | 26778,5 | 21411,2 |
| 53 | 113 | 2306,6 | 0 | 0 | 0 |
| 54 | 114 | 2339,1 | 10926,2 | 10926,2 | 10926,2 |
| 55 | 115 | 2410,3 | 0 | 0 | 0 |
| 56 | 116 | 2479,7 | 105669 | 32736,5 | 19591,1 |
| 57 | 117 | 2511,2 | 0 | 0 | 0 |
| 58 | 121 | 2373,3 | 41006,7 | 26201,1 | 11650,1 |
| 59 | 133 | 3337,6 | 23736,8 | 23858,9 | 5341,84 |
| 60 | 180 | 2894,8 | 0 | 0 | 0 |
| 61 | 189 | 2766,4 | 0 | 0 | 0 |
| 62 | 197 | 2940,3 | 0 | 0 | 0 |
| 63 | 202 | 4063,2 | 13319,9 | 13319,9 | 13319,9 |
| 64 | 206 | 2688,7 | 15261,7 | 7451,23 | 6187,37 |
| 65 | 215 | 3977,8 | 33478,9 | 34775,4 | 15075,3 |
| 66 | 235 | 3749,3 | 28692,9 | 25131,6 | 25383,8 |
| 67 | 239 | 4072,4 | 33194,1 | 28059,5 | 9633,28 |

Tabela D1: Alimentador 2 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 68 | 248 | 3939,8 | 19285,9 | 17836,7 | 9707,58 |
| 69 | 267 | 3963,6 | 22330,2 | 15361,8 | 5247,03 |
| 70 | 275 | 3644,1 | 48832,6 | 44293,3 | 28745,3 |
| 71 | 277 | 3538,1 | 20845,2 | 21301,7 | 12534,5 |
| 72 | 281 | 3849,4 | 19939,5 | 20063,4 | 5194,27 |
| 73 | 298 | 3862,3 | 10687,8 | 15056 | 8976,53 |
| 74 | 302 | 3744,6 | 34384,2 | 36218,3 | 22693,5 |
| 75 | 306 | 2796,6 | 0 | 0 | 0 |
| 76 | 308 | 2801,4 | 17088,6 | 17088,6 | 17088,6 |
| 77 | 310 | 2905,6 | 27816,6 | 27816,6 | 27816,6 |
| 78 | 313 | 2866,9 | 11302,9 | 12462,4 | 9779,24 |
| 79 | 330 | 3324,2 | 0 | 0 | 0 |
| 80 | 387 | 3308,3 | 15921,3 | 15252,1 | 5216,29 |
| 81 | 420 | 0 | 12505,7 | 12505,7 | 12505,7 |
| 82 | 490 | 3284,9 | 0 | 0 | 0 |
| 83 | 565 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabela D2: Alimentador 3 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 3 | 3979 | 24438,8 | 21267,8 | 5882,41 |
| 2 | 5 | 4010 | 8639,8 | 5274,14 | 997,69 |
| 3 | 6 | 3846,1 | 29315,8 | 21358,4 | 12810 |
| 4 | 8 | 4044,5 | 21756,8 | 13502,5 | 5320,3 |
| 5 | 9 | 3565,5 | 411,94 | 411,94 | 411,94 |
| 6 | 10 | 3457,8 | 50266,5 | 48181 | 32236,5 |
| 7 | 11 | 3560,8 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 12 | 3564,5 | 13424,8 | 13424,8 | 13424,8 |
| 9 | 13 | 3490,5 | 1107,25 | 1107,25 | 0 |
| 10 | 14 | 3456,4 | 19410,1 | 19297,6 | 16101,4 |
| 11 | 15 | 3460,1 | 18391,9 | 18391,9 | 18391,9 |
| 12 | 16 | 3561,9 | 10490,9 | 10490,9 | 10490,9 |
| 13 | 17 | 3668 | 29089,9 | 30895,4 | 11087 |
| 14 | 19 | 3347,2 | 14801,1 | 14801,1 | 14801,1 |
| 15 | 20 | 3309,5 | 11495,5 | 8984,33 | 8984,33 |
| 16 | 21 | 3251,1 | 43823,1 | 43462,7 | 32180,6 |
| 17 | 22 | 3141,7 | 14803,3 | 14807,9 | 2490,98 |
| 18 | 23 | 3356,7 | 12073,4 | 12073,4 | 1558,33 |
| 19 | 24 | 3253,6 | 6825,61 | 6825,61 | 6825,61 |
| 20 | 28 | 2322,5 | 15105,6 | 17195,9 | 13569,7 |
| 21 | 36 | 2925,6 | 4915,47 | 5032,94 | 3234,92 |

Tabela D2: Alimentador 3 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 22 | 39 | 2075,9 | 24557,5 | 12286,2 | 1719,24 |
| 23 | 40 | 2234 | 11468 | 2288,6 | 1327,97 |
| 24 | 44 | 2443,9 | 35036,4 | 8725,46 | 4764,04 |
| 25 | 45 | 2312,6 | 19214,3 | 8507,8 | 1041,89 |
| 26 | 46 | 2127,5 | 25311,1 | 11832,8 | 2870,42 |
| 27 | 47 | 2039 | 31301,2 | 12847,9 | 6464,84 |
| 28 | 48 | 1956,5 | 25397,8 | 19668,7 | 8938,1 |
| 29 | 51 | 2091,7 | 0 | 240,96 | 240,96 |
| 30 | 54 | 2607,2 | 20773,4 | 17865,2 | 11483,5 |
| 31 | 55 | 2713,9 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | 56 | 2894,7 | 29418,7 | 26891,3 | 24658,1 |
| 33 | 58 | 2814,3 | 44538,9 | 41573,4 | 26367,1 |
| 34 | 59 | 2788,2 | 3860,78 | 3860,78 | 2808,73 |
| 35 | 60 | 2746,8 | 14773,7 | 14773,7 | 10599,9 |
| 36 | 61 | 2793,3 | 27017,7 | 29312 | 15905,3 |
| 37 | 62 | 2828,8 | 14901,1 | 10317,2 | 8238,81 |
| 38 | 71 | 1163,8 | 19118,3 | 3203,49 | 1253,81 |
| 39 | 72 | 3877,5 | 11167,3 | 11167,3 | 11167,3 |
| 40 | 73 | 3260,6 | 16580,9 | 13407 | 5702,52 |
| 41 | 74 | 3789,7 | 34217,4 | 25003 | 13302,7 |
| 42 | 75 | 3793,3 | 14683,2 | 11494,5 | 4543,17 |
| 43 | 77 | 3657,1 | 36080,4 | 23042,6 | 9305,78 |
| 44 | 78 | 3761,4 | 30824,9 | 17610,2 | 9524,84 |
| 45 | 80 | 3034,1 | 21633,7 | 14910,2 | 7513,45 |
| 46 | 81 | 3051,8 | 10336,2 | 10336,2 | 9141,84 |
| 47 | 84 | 3154,4 | 21544,4 | 15145,3 | 7997,23 |
| 48 | 87 | 3555,4 | 0 | 0 | 0 |
| 49 | 88 | 3484,4 | 13704,3 | 13704,3 | 13704,3 |
| 50 | 89 | 3673,4 | 26788,1 | 17288,8 | 3916,49 |
| 51 | 91 | 3559,2 | 20672 | 20024,8 | 4991,25 |
| 52 | 92 | 3765,7 | 38129 | 36827,6 | 17052,2 |
| 53 | 93 | 3281,6 | 26619,2 | 25402,4 | 8215,92 |
| 54 | 94 | 3144,9 | 21238,6 | 20728,9 | 8637,69 |
| 55 | 95 | 3040,4 | 40781,1 | 35962,3 | 21407,9 |
| 56 | 96 | 3069,5 | 6278,36 | 6278,36 | 6278,36 |
| 57 | 97 | 3097,6 | 10646,2 | 10646,2 | 10569,2 |
| 58 | 98 | 3132,7 | 26325,9 | 24426,8 | 22738,3 |
| 59 | 99 | 3257,2 | 26785 | 21762,7 | 15398,9 |
| 60 | 100 | 3765,9 | 21057,4 | 18403,6 | 11226,9 |
| 61 | 101 | 3796,9 | 15818,1 | 14661,5 | 2344,39 |

Tabela D2: Alimentador 3 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 62 | 102 | 3869,5 | 39165 | 40458,3 | 14838,1 |
| 63 | 107 | 1490,2 | 37551,6 | 16887,2 | 9897,82 |
| 64 | 108 | 2687,8 | 25652,1 | 23684,7 | 14194,4 |
| 65 | 109 | 1308,3 | 41820,5 | 11335,3 | 4761,91 |
| 66 | 110 | 1822,8 | 19824,2 | 6268,71 | 921,14 |
| 67 | 111 | 1887,9 | 13152,8 | 5823,15 | 1577,8 |
| 68 | 112 | 1815,8 | 20101,7 | 12545,7 | 2641,15 |
| 69 | 115 | 1857,5 | 18132,9 | 18132,9 | 18132,9 |
| 70 | 120 | 1777,9 | 17590,7 | 7587,13 | 3387,23 |
| 71 | 137 | 2742,8 | 25717,4 | 23467 | 22639,8 |
| 72 | 138 | 2813,6 | 1214,61 | 1214,61 | 1214,61 |
| 73 | 139 | 2833,6 | 16870,8 | 15111,5 | 4366,19 |
| 74 | 143 | 2929,9 | 0 | 0 | 0 |
| 75 | 144 | 2898,1 | 27643,7 | 25901,3 | 18149,1 |
| 76 | 145 | 2922,3 | 0 | 0 | 0 |
| 77 | 146 | 2939,1 | 0 | 0 | 0 |
| 78 | 153 | 2617,3 | 14716,8 | 14982,2 | 10868,3 |
| 79 | 200 | 2035,5 | 33735,2 | 15751,5 | 8592,96 |
| 80 | 218 | 2933,7 | 0 | 0 | 0 |
| 81 | 218 | 2933,7 | 0 | 0 | 0 |
| 82 | 222 | 3876,6 | 12866,4 | 12866,4 | 12866,4 |
| 83 | 227 | 3321 | 27491 | 24146,4 | 21547,1 |
| 84 | 229 | 3569,2 | 26784,5 | 19008,9 | 11397,8 |
| 85 | 231 | 3765 | 11052,1 | 13628,2 | 8674,26 |
| 86 | 232 | 3650,9 | 25029,6 | 15885,6 | 3104,81 |
| 87 | 249 | 4078 | 12652,9 | 8058,08 | 2204,06 |
| 88 | 250 | 4022,3 | 5827,05 | 5827,05 | 0 |
| 89 | 251 | 4098,3 | 20142,8 | 18567 | 11663,6 |
| 90 | 252 | 3985,4 | 35057,7 | 31178,6 | 11794,1 |
| 91 | 253 | 4187,4 | 23644,6 | 9712,65 | 3122,02 |
| 92 | 255 | 3877 | 17449,1 | 13120,3 | 7127,32 |
| 93 | 258 | 3452,2 | 69828,5 | 57134,5 | 37096,7 |
| 94 | 259 | 3705,9 | 37393 | 30553,9 | 24427,4 |
| 95 | 263 | 3679,4 | 43580,5 | 18742,6 | 7873,45 |
| 96 | 268 | 3412,2 | 9407,96 | 8410,95 | 2777,58 |
| 97 | 287 | 3266 | 8887,57 | 8887,57 | 8887,57 |
| 98 | 292 | 2619,1 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 306 | 4181,7 | 28953,4 | 21231,8 | 5149,3 |
| 100 | 313 | 4386,9 | 19550 | 12455,5 | 3081,79 |
| 101 | 315 | 4297,2 | 19299,6 | 11583,6 | 6816,92 |

Tabela D2: Alimentador 3 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 102 | 327 | 4180,2 | 17934 | 16484,9 | 6968,44 |
| 103 | 338 | 761,5 | 44541,7 | 10302,6 | 3233,5 |
| 104 | 341 | 1134 | 29902,1 | 9332,88 | 3774,53 |
| 105 | 369 | 3573 | 26251,7 | 26175,6 | 18676,7 |
| 106 | 568 | 4008,9 | 25800,4 | 23914,9 | 19672,3 |
| 107 | 583 | 3870,6 | 742,24 | 0 | 0 |
| 108 | 760 | 3425,9 | 0 | 0 | 0 |
| 109 | 776 | 2586,4 | 0 | 0 | 0 |

Tabela D3: Alimentador 4 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 4 | 4331,6 | 20846,6 | 14807,8 | 4720,31 |
| 2 | 9 | 4034,9 | 16276,1 | 12345,7 | 4800,04 |
| 3 | 10 | 3747,2 | 27736,8 | 6245,89 | 2756,31 |
| 4 | 13 | 3506,4 | 6667,86 | 2151,37 | 611,25 |
| 5 | 14 | 3587,2 | 41887,2 | 17249,4 | 7569,86 |
| 6 | 15 | 3547,9 | 17558,1 | 12054,8 | 7355,21 |
| 7 | 16 | 3857,3 | 21608,3 | 11707,7 | 4673,59 |
| 8 | 18 | 3927 | 2576,36 | 2923,94 | 4756,27 |
| 9 | 19 | 4004,1 | 17722,2 | 14233,9 | 12919,2 |
| 10 | 21 | 4059 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 22 | 4156,4 | 15436,4 | 6278,14 | 4936,64 |
| 12 | 23 | 4117,2 | 21691,3 | 6098,06 | 5646,74 |
| 13 | 25 | 4202,4 | 21742,5 | 17911,4 | 10147,5 |
| 14 | 27 | 3896,8 | 28618,2 | 20344,9 | 14326,9 |
| 15 | 29 | 4180,3 | 2964,91 | 2964,91 | 1437,49 |
| 16 | 31 | 3220 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 32 | 3189,4 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 34 | 3048 | 28900,5 | 21183,5 | 13777,5 |
| 19 | 36 | 4508,8 | 39192,3 | 16893,1 | 5499,67 |
| 20 | 37 | 3545,7 | 13104,6 | 9942,12 | 1994,71 |
| 21 | 38 | 3495,1 | 8933,78 | 8933,78 | 8933,78 |
| 22 | 39 | 3930,1 | 2464,75 | 2464,75 | 2464,75 |
| 23 | 40 | 3773,7 | 18982,4 | 8170,3 | 3570,98 |
| 24 | 44 | 2522,2 | 1130,77 | 1130,77 | 1130,77 |
| 25 | 48 | 3595,8 | 38287,4 | 26222,5 | 15089,6 |
| 26 | 49 | 3337,9 | 26323,3 | 12686,3 | 2409,57 |
| 27 | 52 | 3236,4 | 16982,5 | 9079,19 | 3228,58 |
| 28 | 53 | 2980,8 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 54 | 2860,8 | 10083,7 | 9912,73 | 6962,36 |

Tabela D3: Alimentador 4 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 30 | 55 | 2959,2 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | 58 | 3048,5 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | 59 | 3104,3 | 32247,4 | 29136,4 | 21263,1 |
| 33 | 60 | 2462,9 | 28248,9 | 3984,31 | 2837,4 |
| 34 | 61 | 2486,5 | 18586,7 | 18586,7 | 18586,7 |
| 35 | 64 | 2530,2 | 25193,1 | 20094,7 | 9601,68 |
| 36 | 66 | 2740,1 | 27478,8 | 24362,4 | 14289,2 |
| 37 | 72 | 2950 | 23176,5 | 10851,5 | 5868,36 |
| 38 | 75 | 3117,3 | 27957,7 | 16016,8 | 5705,92 |
| 39 | 81 | 3210,8 | 2361,84 | 2361,84 | 2361,84 |
| 40 | 82 | 3137,9 | 1520,36 | 1520,36 | 1520,36 |
| 41 | 83 | 119,2 | 16572,6 | 9953,75 | 1999,87 |
| 42 | 89 | 1439,6 | 22569,5 | 8611,18 | 4328,45 |
| 43 | 92 | 1462,8 | 33785,7 | 7705,87 | 3685,15 |
| 44 | 97 | 1758,8 | 35205,1 | 10524,1 | 10074,9 |
| 45 | 98 | 1932,9 | 37153,1 | 6169,27 | 4205,33 |
| 46 | 99 | 2027,7 | 12672,5 | 12672,5 | 12672,5 |
| 47 | 105 | 2230,9 | 20459,1 | 10002,6 | 3245,73 |
| 48 | 106 | 2386,2 | 25540,4 | 7959,93 | 3161,76 |
| 49 | 107 | 2529,3 | 33639,1 | 8090,25 | 3695,27 |
| 50 | 133 | 2626,7 | 52836,6 | 41625,8 | 23355 |
| 51 | 134 | 2743,7 | 50376,2 | 39356,1 | 20589,5 |
| 52 | 141 | 2739,6 | 25004,3 | 16091,5 | 10408 |
| 53 | 148 | 2843,4 | 41994,4 | 35940,3 | 19491,7 |
| 54 | 149 | 3173,3 | 14130 | 14130 | 2053,3 |
| 55 | 150 | 3151,6 | 39790,8 | 30521,8 | 11474 |
| 56 | 151 | 3157,7 | 29380,9 | 13954,3 | 6951,59 |
| 57 | 153 | 3360,5 | 35713,1 | 18292,3 | 4407,16 |
| 58 | 154 | 2519,6 | 27582,7 | 23689,9 | 13836,2 |
| 59 | 158 | 2314,9 | 43019,9 | 32596,2 | 11915,8 |
| 60 | 162 | 2161,7 | 29609,9 | 9679,58 | 6077,79 |
| 61 | 224 | 4633,7 | 4721,43 | 4721,43 | 4721,43 |
| 62 | 226 | 4356,2 | 24191,5 | 16319,8 | 7003,41 |
| 63 | 230 | 4069,3 | 6151,42 | 2739,12 | 2428 |
| 64 | 240 | 2929,7 | 34412,5 | 36405,8 | 29819,8 |
| 65 | 243 | 2428,7 | 54504,4 | 47158,6 | 21440 |
| 66 | 244 | 2529,9 | 0 | 0 | 0 |
| 67 | 245 | 2522,4 | 9564,64 | 10215,3 | 10215,3 |
| 68 | 252 | 2645,8 | 15869,2 | 15869,2 | 15869,2 |
| 69 | 259 | 3260,9 | 10886,1 | 10886,1 | 10886,1 |

Tabela D3: Alimentador 4 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 70 | 262 | 2662,4 | 6659,89 | 6659,89 | 6659,89 |
| 71 | 276 | 1269,3 | 7596,12 | 6476,84 | 6476,84 |
| 72 | 301 | 1584,5 | 37081,9 | 16276,8 | 10430,3 |
| 73 | 303 | 1740,2 | 3638,59 | 3638,59 | 3638,59 |
| 74 | 305 | 1187 | 35484 | 16015,3 | 5487,15 |
| 75 | 307 | 1490 | 22289,6 | 12823,9 | 8139,25 |
| 76 | 370 | 1101 | 45021,8 | 11421 | 5053,45 |
| 77 | 382 | 3254 | 0 | 0 | 0 |
| 78 | 440 | 3086,7 | 0 | 0 | 0 |
| 79 | 647 | 3162,4 | 0 | 0 | 0 |

Tabela D4: Alimentador 5 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 5 | 4690 | 12084 | 12084 | 12084 |
| 2 | 6 | 4797,6 | 31786,3 | 14023,3 | 4964,12 |
| 3 | 7 | 4665,5 | 12249 | 10557,6 | 1753,44 |
| 4 | 8 | 4727,4 | 4686,24 | 4686,24 | 4686,24 |
| 5 | 9 | 4502,3 | 20057,6 | 11970,1 | 2627,35 |
| 6 | 10 | 4406 | 813,42 | 813,42 | 813,42 |
| 7 | 11 | 4311,7 | 13988,9 | 12025 | 2867,93 |
| 8 | 12 | 4698,2 | 25610,4 | 23054,8 | 18203,7 |
| 9 | 13 | 4772,5 | 2170,24 | 2170,24 | 2170,24 |
| 10 | 18 | 3977,3 | 12102,8 | 10854,7 | 12286,9 |
| 11 | 19 | 4481 | 21361,5 | 12188 | 5922,83 |
| 12 | 23 | 4107,6 | 29767,4 | 18424,7 | 9807,04 |
| 13 | 28 | 4044,7 | 2089,52 | 2395,11 | 2395,11 |
| 14 | 29 | 4162,2 | 24758 | 22148,9 | 11242,8 |
| 15 | 32 | 4030,7 | 16449,7 | 10886 | 5273,59 |
| 16 | 33 | 4126,3 | 22024,3 | 18372 | 6128,73 |
| 17 | 41 | 4214,2 | 4857,33 | 4857,33 | 4857,33 |
| 18 | 45 | 3589,9 | 19356 | 14481,6 | 10276,8 |
| 19 | 48 | 3023,5 | 13723,7 | 3230,61 | 2493,07 |
| 20 | 49 | 3150,9 | 32563,5 | 7541,64 | 1416,64 |
| 21 | 50 | 3286,3 | 17338,8 | 7316,51 | 4220,36 |
| 22 | 67 | 676,8 | 54755 | 17157,4 | 10445,1 |
| 23 | 68 | 877,8 | 37061,5 | 13996,1 | 3780,63 |
| 24 | 70 | 3939,6 | 40446,2 | 31521,9 | 25177 |
| 25 | 83 | 3410,8 | 6784,4 | 6784,4 | 4486,55 |
| 26 | 86 | 3431 | 1595,67 | 1595,67 | 1595,67 |
| 27 | 87 | 4132 | 12132,9 | 6402,57 | 2534,28 |

Tabela D4: Alimentador 5 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 28 | 103 | 3886,9 | 1938,21 | 1470,57 | 1470,57 |
| 29 | 104 | 4122,1 | 23945,6 | 11642,8 | 5098,21 |
| 30 | 105 | 4048,8 | 20305,7 | 17519,7 | 11347,2 |
| 31 | 133 | 2941,2 | 22606,1 | 7620,52 | 5411,82 |
| 32 | 138 | 4051,9 | 27221,4 | 17159,1 | 8412,6 |
| 33 | 141 | 948,8 | 30659,7 | 13369,1 | 5982,07 |
| 34 | 149 | 3317,7 | 20613,4 | 17019,9 | 13777,9 |
| 35 | 151 | 3145,3 | 11522,4 | 11522,4 | 11522,4 |
| 36 | 153 | 3403,2 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | 154 | 3553,5 | 23242,6 | 10169,5 | 9109,68 |
| 38 | 174 | 3900,3 | 358,12 | 358,12 | 358,12 |
| 39 | 178 | 4610,8 | 0 | 0 | 0 |
| 40 | 182 | 4821,6 | 21066 | 7442,53 | 1577,49 |
| 41 | 184 | 4663,9 | 31255,7 | 17858,6 | 7994,51 |
| 42 | 201 | 5033,5 | 28050,7 | 25596,6 | 13106,3 |
| 43 | 203 | 4969,6 | 30160,6 | 19906,2 | 6038,62 |
| 44 | 220 | 4706 | 52968,7 | 32576,3 | 14241,3 |
| 45 | 230 | 4300,1 | 14585,4 | 8902,13 | 2517,38 |
| 46 | 237 | 4379,5 | 21545,2 | 14605,3 | 9399,22 |
| 47 | 239 | 4608,3 | 23807,2 | 23807,2 | 23807,2 |
| 48 | 241 | 4551,1 | 19397 | 12960,9 | 4119,23 |
| 49 | 243 | 4489,3 | 29219,2 | 25636,1 | 6656,34 |
| 50 | 255 | 3988 | 0 | 0 | 0 |
| 51 | 258 | 4351 | 29569,2 | 20355,3 | 7098,6 |
| 52 | 273 | 4267,8 | 33305 | 18440,6 | 5536,16 |
| 53 | 291 | 4164,4 | 15248 | 9063,08 | 5014 |
| 54 | 316 | 4227,1 | 25638,6 | 14280,1 | 8949,76 |
| 55 | 323 | 4052,9 | 19028,8 | 14759,5 | 6040,59 |
| 56 | 327 | 3726,7 | 39291,1 | 21075,4 | 10838,5 |
| 57 | 329 | 3633,5 | 34043,8 | 19803,9 | 8699,18 |
| 58 | 333 | 4198,5 | 39331,1 | 20765,1 | 24541 |
| 59 | 335 | 4291,8 | 40099,8 | 21811,8 | 6380,91 |
| 60 | 337 | 4377,8 | 28484,9 | 19736,3 | 4648,84 |
| 61 | 350 | 3954,2 | 31505,8 | 28220,6 | 17063,2 |
| 62 | 364 | 4446,7 | 12870,9 | 12870,9 | 12741,6 |
| 63 | 380 | 4458,3 | 0 | 0 | 0 |
| 64 | 386 | 3673,3 | 1171,05 | 1171,05 | 1171,05 |
| 65 | 464 | 2472,5 | 2078,98 | 1974,15 | 464,78 |
| 66 | 469 | 2867,1 | 40608,5 | 9771,8 | 5372,63 |
| 67 | 471 | 3056 | 17725 | 4576,06 | 1554,61 |

Tabela D4: Alimentador 5 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 68 | 473 | 2678,3 | 30357 | 7920,64 | 2151,5 |
| 69 | 475 | 2019,2 | 32650,1 | 14062,4 | 5010,11 |
| 70 | 477 | 2653,4 | 2626,67 | 2626,67 | 2626,67 |
| 71 | 479 | 3076,1 | 22300,9 | 2472,37 | 632,67 |
| 72 | 481 | 2956,3 | 19432,8 | 4733,39 | 1359,42 |
| 73 | 483 | 2905,2 | 5326,22 | 5326,22 | 5326,22 |
| 74 | 516 | 3515,9 | 23956,7 | 15641,3 | 5140,32 |
| 75 | 518 | 2552,6 | 14728,3 | 4591,16 | 1612,2 |
| 76 | 522 | 2694,6 | 48320,8 | 24898,7 | 14279,4 |
| 77 | 530 | 2496 | 21908,8 | 4300,18 | 1575,37 |
| 78 | 534 | 2332,8 | 35759,6 | 13481,8 | 4556,67 |
| 79 | 538 | 2055,1 | 20869,4 | 23057,8 | 17018,3 |
| 80 | 540 | 2555,7 | 31079,8 | 9317,17 | 5319,69 |
| 81 | 550 | 2912,7 | 17219,2 | 4910,58 | 1781,03 |
| 82 | 566 | 3046,6 | 5914 | 5914 | 5914 |
| 83 | 568 | 3034,3 | 1632,74 | 1632,74 | 1632,74 |
| 84 | 571 | 3065,7 | 17595,6 | 17595,6 | 17595,6 |
| 85 | 578 | 3125,2 | 0 | 0 | 0 |
| 86 | 586 | 3500,2 | 0 | 0 | 0 |
| 87 | 601 | 3640,1 | 755,03 | 755,03 | 0 |
| 88 | 612 | 3474,7 | 20696,9 | 13050,7 | 6277,78 |
| 89 | 624 | 2938,2 | 15895,9 | 2794,66 | 474,03 |
| 90 | 626 | 3108,6 | 26014,1 | 8559,75 | 3296,1 |
| 91 | 634 | 3361,7 | 8490,46 | 8490,46 | 8490,46 |
| 92 | 641 | 3305 | 30851,1 | 18482 | 10559,7 |
| 93 | 650 | 3321,5 | 34341,2 | 12862,4 | 3816,99 |
| 94 | 660 | 3215 | 36424,4 | 31765,7 | 23868,3 |
| 95 | 662 | 3375,7 | 0 | 0 | 0 |
| 96 | 695 | 1846 | 46230,3 | 20061,6 | 9319,92 |
| 97 | 702 | 1669,7 | 46823,9 | 11690,8 | 8813,64 |
| 98 | 704 | 1772,7 | 15221,3 | 3680,94 | 1565,1 |
| 99 | 706 | 1885,2 | 34754,3 | 11285,4 | 2296,4 |
| 100 | 712 | 1227,9 | 24719,9 | 6782,58 | 5690,96 |
| 101 | 762 | 3974,2 | 0 | 0 | 0 |
| 102 | 771 | 2764,4 | 26170,6 | 16198,1 | 14788,8 |
| 103 | 775 | 2694,1 | 26133,4 | 17091,4 | 13797,3 |
| 104 | 777 | 2564,2 | 42678,8 | 19150,7 | 8095,57 |
| 105 | 783 | 2449,2 | 0 | 0 | 0 |
| 106 | 808 | 3668 | 0 | 0 | 0 |
| 107 | 810 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabela D4: Alimentador 5 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 108 | 816 | 3771,8 | 12253,3 | 12253,3 | 12118,8 |
| 109 | 821 | 2307,2 | 0 | 0 | 0 |
| 110 | 838 | 2831,8 | 14210,1 | 5080,06 | 982,64 |
| 111 | 840 | 2838,3 | 0 | 0 | 0 |
| 112 | 881 | 1557,3 | 32165,9 | 11186,2 | 3422,94 |
| 113 | 891 | 1731,8 | 14573,3 | 13640,4 | 9854,73 |
| 114 | 1097 | 3215,3 | 0 | 0 | 0 |
| 115 | 1174 | 761,1 | 0 | 0 | 0 |
| 116 | 1179 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabela D5: Alimentador 6 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 3 | 4525,3 | 18345 | 18817,3 | 8244,99 |
| 2 | 6 | 4408,2 | 5017,06 | 5017,06 | 5017,06 |
| 3 | 10 | 3862 | 11653,3 | 8485,94 | 3703,18 |
| 4 | 12 | 3780,5 | 4139,56 | 4139,56 | 4139,56 |
| 5 | 16 | 4155,8 | 18239,3 | 17816,2 | 16610,1 |
| 6 | 17 | 4191,9 | 39019,1 | 32138,6 | 15485,3 |
| 7 | 18 | 4225,2 | 9438,82 | 9438,82 | 9438,82 |
| 8 | 20 | 4294,6 | 11238,3 | 11688,5 | 7999,34 |
| 9 | 22 | 4091,3 | 12083,3 | 12083,3 | 12083,3 |
| 10 | 23 | 4083,3 | 36391,5 | 27235 | 7756,77 |
| 11 | 28 | 3620,4 | 15074,4 | 15074,4 | 15074,4 |
| 12 | 36 | 3795 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 38 | 3698,8 | 40606,5 | 21994,7 | 13603,9 |
| 14 | 39 | 2766,3 | 22889 | 8496,76 | 7811,24 |
| 15 | 40 | 2875,7 | 21131,5 | 14522,6 | 13292 |
| 16 | 44 | 2624,1 | 19505,3 | 4561,5 | 4036,04 |
| 17 | 45 | 4279 | 12814,2 | 12814,2 | 7896,79 |
| 18 | 46 | 4303,2 | 36330,4 | 31399,9 | 12742 |
| 19 | 47 | 2684,4 | 26833,8 | 7622,99 | 5732,32 |
| 20 | 74 | 2533,2 | 26811,6 | 15896,3 | 14398,9 |
| 21 | 75 | 2988,7 | 26129,3 | 4313,36 | 2466,17 |
| 22 | 79 | 3254,5 | 37173,7 | 11957,5 | 7815,7 |
| 23 | 80 | 3282,4 | 22873,9 | 4312,04 | 2480,93 |
| 24 | 81 | 3396,3 | 24760,3 | 10408,3 | 6290,97 |
| 25 | 82 | 3306,6 | 4821,18 | 4850,97 | 1825,27 |
| 26 | 87 | 3562,4 | 2917,59 | 2917,59 | 0 |
| 27 | 88 | 3597,7 | 22118,1 | 12187,6 | 6577,73 |
| 28 | 89 | 3407 | 29980,2 | 6910,29 | 4909,9 |

Tabela D5: Alimentador 6 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 29 | 90 | 2575,3 | 45292,1 | 8245,3 | 5304,04 |
| 30 | 91 | 2698,5 | 44962,7 | 11709,2 | 6210,73 |
| 31 | 92 | 2508,5 | 10333,5 | 8427,29 | 4835,78 |
| 32 | 101 | 2237,3 | 6859,7 | 6859,7 | 6859,7 |
| 33 | 102 | 2372,4 | 26993,4 | 8135,42 | 4306,39 |
| 34 | 103 | 2761,3 | 44643 | 10928,7 | 6283,43 |
| 35 | 104 | 2747,7 | 28012,4 | 8613,2 | 2175,14 |
| 36 | 107 | 2991,9 | 37604,1 | 14501,1 | 12117,3 |
| 37 | 108 | 2988,6 | 26294,2 | 6056,38 | 4606,63 |
| 38 | 109 | 3100,6 | 27640,5 | 10009,1 | 4662,37 |
| 39 | 123 | 2644,3 | 18290,1 | 18290,1 | 18290,1 |
| 40 | 141 | 1918,2 | 26250,5 | 10081,4 | 4642,45 |
| 41 | 143 | 3836,1 | 0 | 0 | 0 |
| 42 | 146 | 5031,7 | 46296,6 | 42786,1 | 25546,8 |
| 43 | 153 | 4793,4 | 8866,34 | 8866,34 | 8866,34 |
| 44 | 155 | 5004,2 | 19693,3 | 15157,5 | 7292,45 |
| 45 | 161 | 4636,1 | 27876,3 | 28648,5 | 21738,2 |
| 46 | 163 | 4561,8 | 14583,1 | 13968,8 | 4005,37 |
| 47 | 165 | 4599,7 | 11796,7 | 11796,7 | 11796,7 |
| 48 | 167 | 4500,7 | 617,91 | 617,91 | 0 |
| 49 | 186 | 4817,4 | 18634,9 | 18729,2 | 17338,6 |
| 50 | 195 | 4812,2 | 21169,3 | 20563,8 | 12680,1 |
| 51 | 201 | 5037,5 | 18365,3 | 18891,3 | 12957,7 |
| 52 | 204 | 1877,4 | 18383,8 | 11094 | 7737,01 |
| 53 | 211 | 1730,2 | 40935,6 | 12004,9 | 5977,33 |
| 54 | 215 | 2000,8 | 24741,2 | 8004,83 | 2968,89 |
| 55 | 264 | 2010,1 | 31476,8 | 13319 | 9074,75 |
| 56 | 266 | 2333,7 | 7827,34 | 7770,69 | 6810,55 |
| 57 | 268 | 2204,6 | 8397,01 | 5124,56 | 5345,07 |
| 58 | 270 | 2089,8 | 3831,11 | 3745,23 | 3745,23 |
| 59 | 271 | 2145 | 30653,6 | 11139 | 5294,54 |
| 60 | 273 | 2186,3 | 18767,1 | 3165,84 | 1815,06 |
| 61 | 275 | 1693,5 | 23536,4 | 20486,8 | 22292,4 |
| 62 | 279 | 1676,3 | 20645,7 | 7081,33 | 2187,62 |
| 63 | 281 | 2087,5 | 10706,8 | 10706,8 | 10706,8 |
| 64 | 283 | 1954,1 | 11024,5 | 9434,48 | 7596,96 |
| 65 | 318 | 1314,3 | 27571,1 | 8359,85 | 4155,32 |
| 66 | 320 | 1017,1 | 21462,9 | 9060,69 | 5491,8 |
| 67 | 328 | 806,7 | 24909,8 | 6009,81 | 7937,56 |
| 68 | 360 | 1203,4 | 36201,9 | 15168,5 | 8242,29 |

Tabela D5: Alimentador 6 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 69 | 362 | 1269,3 | 30047,4 | 31489,5 | 18599,7 |
| 70 | 364 | 1925,7 | 14343,9 | 13228,3 | 13553 |
| 71 | 366 | 1470,8 | 46929,6 | 14194,5 | 10911 |
| 72 | 370 | 1328,2 | 33122,1 | 13335 | 7241,5 |
| 73 | 372 | 1771,8 | 24939,3 | 3371,68 | 1901,3 |
| 74 | 374 | 1492,5 | 18233,9 | 3059,12 | 1437,69 |
| 75 | 400 | 1766,8 | 23314,4 | 6674,69 | 3637,2 |
| 76 | 406 | 1752,3 | 45422,4 | 19422,2 | 13070,6 |
| 77 | 431 | 1773 | 37094,2 | 14520,2 | 6428,12 |
| 78 | 445 | 1796,6 | 27999,7 | 5960,17 | 3862,87 |
| 79 | 447 | 1956,7 | 21338 | 3055,04 | 2101,29 |
| 80 | 464 | 641,6 | 20160,3 | 2180,4 | 4530,93 |
| 81 | 699 | 2180,5 | 12863,8 | 8806,62 | 10372,8 |
| 82 | 701 | 1773,2 | 20445,9 | 16834,7 | 14702,7 |
| 83 | 708 | 4161 | 0 | 0 | 0 |
| 84 | 711 | 4610,8 | 0 | 0 | 0 |

Tabela D6: Alimentador 7 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 9 | 4740,4 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 11 | 4459,6 | 1147,91 | 1147,91 | 1147,91 |
| 3 | 14 | 4428,4 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 15 | 3914,5 | 574,54 | 574,54 | 574,54 |
| 5 | 17 | 4937,2 | 2666,09 | 2666,09 | 2666,09 |
| 6 | 22 | 9819,5 | 801,27 | 801,27 | 801,27 |
| 7 | 26 | 9815,1 | 2825,38 | 2578,74 | 1104,39 |
| 8 | 31 | 10783,5 | 2229,45 | 2229,45 | 2229,45 |
| 9 | 33 | 10395,2 | 2555,19 | 2555,19 | 1143,84 |
| 10 | 35 | 10717,5 | 420,74 | 420,74 | 420,74 |
| 11 | 36 | 9765,9 | 1339,69 | 1339,69 | 1339,69 |
| 12 | 39 | 9012 | 3094,51 | 3094,51 | 3094,51 |
| 13 | 40 | 9274,2 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 42 | 8460,4 | 1277,2 | 1277,2 | 0 |
| 15 | 47 | 7566,6 | 1657,08 | 1657,08 | 1657,08 |
| 16 | 52 | 6126 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 71 | 10231,8 | 3483,38 | 3483,38 | 0 |
| 18 | 74 | 6578,2 | 21381,8 | 17158,1 | 4720,05 |
| 19 | 75 | 6542,4 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 78 | 6599 | 17651,2 | 14389,7 | 4369,01 |
| 21 | 79 | 6390,8 | 46775 | 33323,8 | 15532,5 |

Tabela D6: Alimentador 7 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 22 | 81 | 4824,3 | 16110,2 | 16110,2 | 8573,79 |
| 23 | 82 | 4878,4 | 9274,92 | 9274,92 | 9274,92 |
| 24 | 83 | 4705,1 | 7119,93 | 6804,39 | 5519,07 |
| 25 | 84 | 4501,8 | 41442,6 | 38209,2 | 27024 |
| 26 | 87 | 4508,1 | 30517 | 24578,9 | 8261,95 |
| 27 | 88 | 4555,3 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 91 | 4821,5 | 13512,8 | 13512,8 | 4716,65 |
| 29 | 92 | 4805,2 | 11555,2 | 11477,1 | 11477,1 |
| 30 | 94 | 4166,2 | 49999,3 | 25897,1 | 22278,5 |
| 31 | 95 | 3332,7 | 19950,3 | 11181,5 | 2312,59 |
| 32 | 96 | 2324,3 | 25664,7 | 19034,4 | 16468 |
| 33 | 97 | 2198,8 | 18149,9 | 9782,38 | 7617,1 |
| 34 | 98 | 2133,7 | 28021,6 | 10846,5 | 3892,33 |
| 35 | 99 | 2394,2 | 20498,9 | 12873,2 | 9782,98 |
| 36 | 100 | 2718,7 | 30628,5 | 17620,3 | 9193,82 |
| 37 | 102 | 2135,8 | 24649,9 | 20667,4 | 17030 |
| 38 | 103 | 1694,7 | 19717,9 | 15084,2 | 4172,93 |
| 39 | 104 | 315,3 | 32948,5 | 40392,6 | 21067,1 |
| 40 | 105 | 2040,8 | 26029 | 9194,68 | 1577,29 |
| 41 | 106 | 2231,3 | 26663,5 | 7225,41 | 2588 |
| 42 | 107 | 2324,1 | 21549,8 | 9931,44 | 4335,9 |
| 43 | 111 | 1379,4 | 0 | 0 | 0 |
| 44 | 114 | 2132,2 | 536,63 | 536,63 | 536,63 |
| 45 | 115 | 2100,1 | 9895,88 | 9895,88 | 9895,88 |
| 46 | 118 | 2508,8 | 19108,8 | 11206 | 10285,1 |
| 47 | 119 | 2615,1 | 25741,9 | 8833,62 | 4325,99 |
| 48 | 120 | 2718,7 | 2383,37 | 2383,37 | 2383,37 |
| 49 | 121 | 2833,4 | 26031,7 | 11629,5 | 1186,08 |
| 50 | 124 | 2891,2 | 5942,09 | 5942,09 | 5942,09 |
| 51 | 127 | 1827,4 | 21405,9 | 18203,8 | 13894,5 |
| 52 | 129 | 1901,8 | 26871,4 | 14709,7 | 4925,89 |
| 53 | 132 | 1758,6 | 37581,8 | 26377,8 | 6814,03 |
| 54 | 135 | 1407,6 | 12853,8 | 4088,26 | 1117,32 |
| 55 | 137 | 1162,2 | 4791,01 | 4791,01 | 4791,01 |
| 56 | 140 | 1388,3 | 22107,5 | 17762,7 | 3330,24 |
| 57 | 153 | 1944,7 | 31225,6 | 15574,2 | 8530,81 |
| 58 | 164 | 426,3 | 29405,3 | 10521 | 8466,77 |
| 59 | 165 | 440 | 38067 | 19036,5 | 7011,68 |
| 60 | 168 | 726,4 | 0 | 0 | 0 |
| 61 | 172 | 1077,9 | 5934,28 | 4456,78 | 5378,54 |

Tabela D6: Alimentador 7 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 62 | 177 | 1473,2 | 29863,9 | 20566,4 | 6770,12 |
| 63 | 180 | 1737,3 | 17830,6 | 25542,2 | 16264,7 |
| 64 | 181 | 1912 | 2266,8 | 2270,68 | 1741,6 |
| 65 | 182 | 3502,4 | 17866,8 | 12240,1 | 4431,99 |
| 66 | 183 | 3384,9 | 17969,1 | 17424,9 | 10526,6 |
| 67 | 184 | 3452,5 | 15803,6 | 13475,5 | 2765,94 |
| 68 | 187 | 3622 | 18887 | 13905,7 | 2086,85 |
| 69 | 195 | 3472,5 | 15042,1 | 15042,1 | 13946,4 |
| 70 | 196 | 3572,5 | 22221 | 19576,5 | 7469,39 |
| 71 | 197 | 3639,2 | 14787,7 | 13165,8 | 12167,3 |
| 72 | 198 | 3434,3 | 21610,4 | 14063,4 | 10358,9 |
| 73 | 199 | 3318,2 | 805,02 | 805,02 | 805,02 |
| 74 | 200 | 0 | 22215,8 | 23750,9 | 21469,7 |
| 75 | 201 | 3446,9 | 11982,7 | 8894,13 | 1359,16 |
| 76 | 203 | 5656 | 8186,71 | 8186,71 | 5908,81 |
| 77 | 204 | 5558 | 26224,3 | 21583,5 | 11259,7 |
| 78 | 206 | 5394,9 | 19454,1 | 14249,1 | 9471,38 |
| 79 | 207 | 5249,9 | 28197,8 | 26374,9 | 14883,9 |
| 80 | 209 | 5049,4 | 33505,3 | 32752,3 | 20898,2 |
| 81 | 210 | 3603,3 | 942,35 | 2281,47 | 1614,66 |
| 82 | 213 | 3759,5 | 23464,3 | 22090,7 | 15116,7 |
| 83 | 216 | 3961,3 | 22587 | 22006,7 | 11228,7 |
| 84 | 217 | 3404,2 | 21542,5 | 21021,5 | 9794,04 |
| 85 | 220 | 3965,4 | 15883,7 | 15883,7 | 15883,7 |
| 86 | 221 | 3893,9 | 5361,62 | 5361,62 | 5059,93 |
| 87 | 222 | 3844,7 | 20249,2 | 20927 | 16949,2 |
| 88 | 223 | 4718,1 | 46816,6 | 37631,4 | 8833,55 |
| 89 | 224 | 4683,7 | 5485,6 | 4948,58 | 4948,58 |
| 90 | 225 | 4619,7 | 58462,1 | 60749,5 | 48796,2 |
| 91 | 227 | 4485,3 | 45786,8 | 44815 | 21110,2 |
| 92 | 228 | 4409 | 39269,6 | 37700,7 | 30656 |
| 93 | 232 | 4159,4 | 10428 | 10428 | 10014,6 |
| 94 | 233 | 4057,6 | 16734,4 | 16734,4 | 16734,4 |
| 95 | 234 | 3971,8 | 9810,65 | 9844,32 | 1886,44 |
| 96 | 235 | 3948,6 | 0 | 0 | 0 |
| 97 | 242 | 4783 | 25390 | 21146,7 | 9792,43 |
| 98 | 244 | 4334,8 | 8605,74 | 8605,74 | 8605,74 |
| 99 | 248 | 3083,4 | 24767 | 12854,3 | 4668,76 |
| 100 | 251 | 3223,8 | 1551,23 | 1551,23 | 1551,23 |
| 101 | 252 | 3220,3 | 4008,84 | 4008,84 | 4008,84 |

Tabela D6: Alimentador 7 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 102 | 255 | 5802,3 | 28179 | 20502,2 | 6525,44 |
| 103 | 260 | 5980,2 | 13860,1 | 15602,2 | 7694,45 |
| 104 | 270 | 5761,9 | 21316,6 | 16932,2 | 4303,88 |
| 105 | 271 | 5660,6 | 18510,8 | 15047 | 3798,63 |
| 106 | 272 | 4708,7 | 29063,6 | 23143,9 | 6741,92 |
| 107 | 275 | 4803,4 | 20825,8 | 19711,6 | 7558,79 |
| 108 | 276 | 4779,8 | 411,94 | 411,94 | 411,94 |
| 109 | 279 | 4916,1 | 31003,3 | 28569,1 | 9925,13 |
| 110 | 280 | 4904,6 | 11349,8 | 11349,8 | 11349,8 |
| 111 | 281 | 4846,3 | 0 | 0 | 0 |
| 112 | 282 | 4869,7 | 16343,9 | 13525,6 | 13127,7 |
| 113 | 283 | 4901,1 | 0 | 0 | 0 |
| 114 | 285 | 4889,1 | 411,94 | 411,94 | 411,94 |
| 115 | 286 | 4925,5 | 23202,7 | 21857,7 | 10332 |
| 116 | 287 | 4982,4 | 9535,44 | 9535,44 | 6366,08 |
| 117 | 289 | 5303,5 | 11167 | 11167 | 11167 |
| 118 | 290 | 5339,3 | 12419,2 | 12167,2 | 5310,3 |
| 119 | 291 | 5157,5 | 17641,6 | 15976 | 8169,69 |
| 120 | 292 | 5242,5 | 22402,3 | 20086,4 | 6234,18 |
| 121 | 293 | 4613,4 | 37654,3 | 39099,6 | 11767,2 |
| 122 | 295 | 4913,6 | 6081,13 | 6820,57 | 1763,35 |
| 123 | 296 | 5007,3 | 7276,64 | 7276,64 | 7276,64 |
| 124 | 299 | 6101,9 | 19123,9 | 13533,9 | 4755,13 |
| 125 | 300 | 5998,9 | 0 | 0 | 0 |
| 126 | 302 | 5875 | 27340 | 20846 | 7250,84 |
| 127 | 304 | 6089,8 | 28442,1 | 15864,7 | 3820,13 |
| 128 | 312 | 6095,7 | 3993,01 | 3993,01 | 160,56 |
| 129 | 335 | 4638,4 | 22640,4 | 20821,4 | 18826,8 |
| 130 | 362 | 4553,1 | 9802,3 | 10186,9 | 2929,43 |
| 131 | 363 | 4568,8 | 50311,9 | 50573,8 | 34857,4 |
| 132 | 364 | 4596,9 | 23429 | 23429 | 17123,9 |
| 133 | 370 | 1327,1 | 0 | 0 | 0 |
| 134 | 408 | 4477,1 | 32386,7 | 32386,7 | 32386,7 |
| 135 | 409 | 1973,9 | 23143,8 | 18883,8 | 7508,83 |
| 136 | 427 | 4262,4 | 27857 | 26394,6 | 5941,27 |
| 137 | 433 | 2424,1 | 0 | 0 | 0 |
| 138 | 444 | 5152,4 | 23603,2 | 24276 | 8397,61 |
| 139 | 446 | 1393,3 | 505,07 | 505,07 | 0 |
| 140 | 452 | 1460,3 | 6626,44 | 6626,44 | 6626,44 |
| 141 | 475 | 7442,3 | 0 | 0 | 0 |

Tabela D6: Alimentador 7 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 142 | 476 | 2972,4 | 6454,69 | 7266,71 | 2383,54 |
| 143 | 488 | 5527,4 | 5951,67 | 4582,2 | 1369,46 |
| 144 | 489 | 5701,2 | 1572,69 | 1572,69 | 1572,69 |
| 145 | 491 | 5693,6 | 1635,1 | 1635,1 | 1635,1 |
| 146 | 493 | 2783,8 | 6998,38 | 6998,38 | 0 |
| 147 | 495 | 2941,7 | 7478,27 | 6860,71 | 2061,7 |
| 148 | 496 | 2873,4 | 4543,69 | 4543,69 | 0 |
| 149 | 502 | 6111,7 | 0 | 0 | 0 |
| 150 | 506 | 6543,6 | 684,85 | 684,85 | 684,85 |
| 151 | 510 | 5974 | 2356,66 | 2356,66 | 0 |
| 152 | 518 | 1881,5 | 1969,13 | 1969,13 | 1969,13 |
| 153 | 525 | 3302,8 | 1527,55 | 1527,55 | 1050,42 |
| 154 | 527 | 3578,2 | 1247,25 | 1247,25 | 1247,25 |
| 155 | 533 | 4432,6 | 1543,38 | 1543,38 | 0 |
| 156 | 535 | 3738,8 | 2543,42 | 2543,42 | 2194,16 |
| 157 | 539 | 4002,6 | 2018,56 | 2018,56 | 2018,56 |
| 158 | 544 | 4906,6 | 793,78 | 1914,41 | 1914,41 |
| 159 | 547 | 6773,2 | 1668,99 | 1668,99 | 0 |
| 160 | 549 | 6679,6 | 3935,21 | 3935,21 | 0 |
| 161 | 551 | 7097,2 | 2900,62 | 2900,62 | 0 |
| 162 | 553 | 4739,6 | 810,62 | 810,62 | 810,62 |
| 163 | 557 | 5002,3 | 2456,93 | 2456,93 | 2456,93 |
| 164 | 558 | 4987,9 | 1671,95 | 1671,95 | 1671,95 |
| 165 | 560 | 3433,4 | 8190,92 | 8190,92 | 3024,48 |
| 166 | 562 | 3649,5 | 597,98 | 597,98 | 0 |
| 167 | 563 | 3741,4 | 0 | 0 | 0 |
| 168 | 567 | 5902,9 | 5179,75 | 3116,66 | 779,76 |
| 169 | 569 | 6217,6 | 3778,79 | 3778,79 | 3778,79 |
| 170 | 571 | 5071 | 4291,77 | 4291,77 | 1793,94 |
| 171 | 574 | 6236,2 | 610,84 | 610,84 | 610,84 |
| 172 | 584 | 3620,1 | 2476,83 | 2476,83 | 2476,83 |
| 173 | 598 | 325,7 | 28023,7 | 14205,6 | 4619,1 |
| 174 | 600 | 5796,2 | 0 | 0 | 0 |
| 175 | 605 | 9861,2 | 3372,54 | 3372,54 | 3372,54 |
| 176 | 613 | 4734,8 | 0 | 0 | 0 |
| 177 | 621 | 6530,7 | 24313,6 | 24033,9 | 13775,3 |
| 178 | 623 | 6354,1 | 26884,2 | 17280,2 | 5783,58 |
| 179 | 625 | 6636,2 | 18939,8 | 16837,3 | 9495,73 |
| 180 | 627 | 6432,8 | 27094,9 | 25232,9 | 12975,5 |
| 181 | 636 | 6326,3 | 15899,8 | 15390,1 | 8322,08 |

Tabela D6: Alimentador 7 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 182 | 643 | 6206,1 | 19242,6 | 10965,7 | 4942,55 |
| 183 | 649 | 9670,1 | 1396,36 | 1396,36 | 1396,36 |
| 184 | 650 | 2055,6 | 23342 | 12456,2 | 6253,92 |
| 185 | 659 | 2016 | 27877,6 | 5555,86 | 6125,86 |
| 186 | 663 | 4764,6 | 411,94 | 411,94 | 411,94 |
| 187 | 1056 | 1254 | 15709,2 | 13010,6 | 3687,67 |
| 188 | 1066 | 4647,6 | 1745,04 | 1745,04 | 0 |
| 189 | 1073 | 4484,4 | 6680 | 6680 | 6680 |
| 190 | 1075 | 4302,6 | 0 | 0 | 0 |
| 191 | 1099 | 4607,3 | 0 | 0 | 0 |
| 192 | 1101 | 4590,3 | 0 | 0 | 0 |
| 193 | 1103 | 4566,9 | 53790 | 54852,2 | 54852,2 |
| 194 | 1146 | 4577,3 | 889,14 | 889,14 | 0 |
| 195 | 1256 | 4383,6 | 1679,35 | 1679,35 | 0 |
| 196 | 1262 | 7357,1 | 626,16 | 626,16 | 0 |
| 197 | 1266 | 4493,6 | 6755,21 | 6755,21 | 6755,21 |
| 198 | 1271 | 2729,4 | 3970,31 | 3970,31 | 3970,31 |
| 199 | 1273 | 10946 | 1416,56 | 1416,56 | 0 |
| 200 | 1301 | 8604,5 | 887,63 | 887,63 | 0 |
| 201 | 1304 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 202 | 1310 | 0 | 7395,55 | 7395,55 | 7395,55 |
| 203 | 1468 | 3348,4 | 6535,38 | 6535,38 | 6535,38 |
| 204 | 1587 | 0 | 12166,7 | 12166,7 | 12166,7 |
| 205 | 1593 | 3455,1 | 1805,66 | 1805,66 | 173,21 |
| 206 | 1619 | 10073,4 | 162,73 | 162,73 | 0 |
| 207 | 1621 | 3281,9 | 0 | 0 | 0 |

Tabela D7: Alimentador 8 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 3 | 6286 | 32971,9 | 17792,9 | 6322,65 |
| 2 | 4 | 5912,7 | 21090,5 | 16499,8 | 6884,52 |
| 3 | 9 | 0 | 51404,8 | 47139,3 | 41857,2 |
| 4 | 11 | 5599,8 | 29201,7 | 18271,4 | 2464,42 |
| 5 | 13 | 6115,1 | 50952,7 | 28139,1 | 14012,8 |
| 6 | 14 | 6220,9 | 25500,4 | 15187,9 | 7216,38 |
| 7 | 15 | 5709,7 | 22881,8 | 13686,3 | 3495,14 |
| 8 | 17 | 5886,2 | 30046,3 | 22708,7 | 8801,75 |
| 9 | 18 | 5946,5 | 21372,9 | 10075,8 | 2869,12 |
| 10 | 19 | 5819 | 26221,6 | 20628,9 | 3511,23 |
| 11 | 20 | 4464,2 | 0 | 0 | 0 |

Tabela D7: Alimentador 8 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 12 | 23 | 2395,2 | 24154,7 | 11089,6 | 5981,25 |
| 13 | 24 | 2974,1 | 14569,4 | 13891 | 7321,74 |
| 14 | 25 | 2901,8 | 8955,01 | 9848,3 | 7730,36 |
| 15 | 28 | 2238 | 33140,7 | 12022,6 | 3393,28 |
| 16 | 34 | 2043,3 | 22283,4 | 2357,26 | 487,16 |
| 17 | 35 | 1980,5 | 15579,1 | 2638,21 | 137,28 |
| 18 | 36 | 1848,9 | 40253,9 | 2335,63 | 1591,73 |
| 19 | 39 | 1987,5 | 22408,2 | 5759,37 | 2256,64 |
| 20 | 40 | 2117,2 | 37833,9 | 4275,51 | 1484,93 |
| 21 | 41 | 2111,7 | 36241,1 | 19097,3 | 14402,9 |
| 22 | 42 | 5192,4 | 18046,4 | 16918,6 | 11390,7 |
| 23 | 46 | 4585,1 | 23059,8 | 16577,3 | 10435,2 |
| 24 | 48 | 1854,5 | 30789 | 7530,3 | 3555,27 |
| 25 | 49 | 1895,6 | 20843,8 | 10350,6 | 5931,73 |
| 26 | 52 | 2285,1 | 33339,3 | 13039 | 7516,83 |
| 27 | 53 | 5404,5 | 20840,7 | 21049 | 12063,2 |
| 28 | 55 | 5077,6 | 16159,3 | 15141,9 | 7187,37 |
| 29 | 56 | 5509,6 | 21977,2 | 20165 | 9195,39 |
| 30 | 57 | 5181,9 | 20573,6 | 17052,3 | 10738,1 |
| 31 | 58 | 5279,1 | 21566,9 | 19662,5 | 8747,46 |
| 32 | 59 | 5373,8 | 22085,7 | 17004,4 | 8009,76 |
| 33 | 62 | 4709,9 | 27052,6 | 23087,8 | 7790,38 |
| 34 | 63 | 4728,7 | 16014,2 | 16014,2 | 16014,2 |
| 35 | 64 | 4477,8 | 29094,1 | 9149,87 | 2994,17 |
| 36 | 68 | 4791,2 | 23523,3 | 19816,7 | 12119,9 |
| 37 | 69 | 4924,9 | 18884,1 | 14827,1 | 4452,19 |
| 38 | 70 | 4968,8 | 10020,1 | 10020,1 | 1431,63 |
| 39 | 71 | 4972,7 | 18210,9 | 16771,9 | 6210,46 |
| 40 | 76 | 5081,1 | 9464,43 | 9934,16 | 4641,95 |
| 41 | 77 | 5090,3 | 0 | 0 | 0 |
| 42 | 78 | 5148,5 | 18053,7 | 18053,7 | 17694,9 |
| 43 | 83 | 2809,8 | 20191,3 | 8198,55 | 3857,79 |
| 44 | 86 | 2773,7 | 26598,8 | 5480,4 | 2623,07 |
| 45 | 89 | 2551,9 | 20974,3 | 5659,66 | 2623,01 |
| 46 | 90 | 2816,9 | 17669,6 | 7629,59 | 740,08 |
| 47 | 95 | 3081,1 | 10426,1 | 8097,6 | 4379,78 |
| 48 | 97 | 3251 | 7138,4 | 6788,91 | 711,55 |
| 49 | 98 | 3541,7 | 758,52 | 758,52 | 380,79 |
| 50 | 101 | 2919 | 36518,2 | 8740,47 | 6773,22 |
| 51 | 102 | 2956,8 | 15603,4 | 7960,45 | 2631,86 |

Tabela D7: Alimentador 8 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 52 | 103 | 6371,8 | 28034,4 | 11419,6 | 4086,46 |
| 53 | 200 | 2101,7 | 11050,3 | 2146,58 | 188,54 |
| 54 | 201 | 2538,8 | 36928,8 | 13364,9 | 7000,87 |
| 55 | 203 | 2786,6 | 28143,7 | 9057,8 | 3759,88 |
| 56 | 205 | 2967,2 | 24107 | 9959,73 | 2335,31 |
| 57 | 206 | 3016,2 | 24604,1 | 2025,5 | 2964,92 |
| 58 | 207 | 3059,6 | 27169,1 | 4778,99 | 2662,81 |
| 59 | 209 | 4758,6 | 22786,8 | 18200,4 | 6134,76 |
| 60 | 210 | 5175 | 22816,5 | 12813,4 | 5521,81 |
| 61 | 211 | 5069,4 | 16606,6 | 11808,9 | 4426,27 |
| 62 | 212 | 4968,3 | 12296,6 | 8499,19 | 996,22 |
| 63 | 213 | 4973,7 | 0 | 0 | 0 |
| 64 | 214 | 4896,3 | 7486,67 | 7486,67 | 7486,67 |
| 65 | 215 | 4964,6 | 21320,6 | 19138 | 9354,38 |
| 66 | 216 | 4973,5 | 0 | 0 | 0 |
| 67 | 217 | 4830,3 | 18393,4 | 17768,3 | 11079,6 |
| 68 | 218 | 4647,9 | 26400,6 | 16289,7 | 4193,81 |
| 69 | 219 | 4767 | 19203,6 | 14581,2 | 5866,79 |
| 70 | 220 | 5088,7 | 46022,8 | 22206,4 | 11827 |
| 71 | 221 | 5186,9 | 35456,6 | 14680,7 | 9495,11 |
| 72 | 222 | 3144,6 | 16686,8 | 16686,8 | 16686,8 |
| 73 | 223 | 3065,6 | 13648,2 | 13648,2 | 13648,2 |
| 74 | 224 | 3325,7 | 0 | 0 | 0 |
| 75 | 225 | 3373,1 | 9363,71 | 3988,23 | 7454,23 |
| 76 | 226 | 4836 | 12656,3 | 12656,3 | 12656,3 |
| 77 | 230 | 5506,6 | 20384,6 | 14877,3 | 5726,3 |
| 78 | 231 | 5724,4 | 26670,9 | 19843,8 | 6397,33 |
| 79 | 232 | 5608,5 | 21711,2 | 17893,1 | 11135,6 |
| 80 | 233 | 5714,3 | 28941,9 | 18368,3 | 2944,04 |
| 81 | 234 | 5399,7 | 17761,2 | 12379,7 | 5929,08 |
| 82 | 235 | 5513,1 | 15172,7 | 10954,1 | 3881,65 |
| 83 | 236 | 5457,6 | 23041,6 | 11487 | 7614,67 |
| 84 | 237 | 5299,2 | 15120,1 | 11458,4 | 4484,18 |
| 85 | 238 | 4762,7 | 13995 | 13995 | 13995 |
| 86 | 239 | 4249,2 | 17731,1 | 15421 | 5455,38 |
| 87 | 240 | 4179,3 | 15658,7 | 9309,57 | 1864,69 |
| 88 | 241 | 4044,9 | 22199 | 14933,8 | 9026,84 |
| 89 | 242 | 3973,5 | 27985,1 | 9045,36 | 3442,9 |
| 90 | 245 | 4724,8 | 23436,9 | 10180,5 | 2078,4 |
| 91 | 246 | 4647 | 411,94 | 411,94 | 411,94 |

Tabela D7: Alimentador 8 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 92 | 247 | 4543,9 | 22393,9 | 17949,4 | 7539,7 |
| 93 | 249 | 4643,1 | 21938,5 | 20477,1 | 7208,32 |
| 94 | 252 | 3486,1 | 0 | 0 | 0 |
| 95 | 254 | 3277,5 | 0 | 0 | 0 |
| 96 | 256 | 3263 | 0 | 0 | 0 |
| 97 | 257 | 3302,6 | 16272,7 | 8339,84 | 2193,16 |
| 98 | 258 | 3503,2 | 36454,4 | 13716,3 | 3754,1 |
| 99 | 259 | 3824,7 | 28585,5 | 7805,98 | 3609,46 |
| 100 | 264 | 5148,8 | 22312 | 22083,4 | 22312 |
| 101 | 266 | 5807,7 | 18822,9 | 14779,5 | 3350,47 |
| 102 | 267 | 5659 | 28160 | 23598,6 | 5821,28 |
| 103 | 274 | 4984,2 | 19445,1 | 17781,9 | 3958,33 |
| 104 | 275 | 4875,3 | 23806,7 | 15334,9 | 7041,9 |
| 105 | 277 | 4771,3 | 24591,6 | 20650,9 | 15780,3 |
| 106 | 278 | 4644,5 | 21282,4 | 17677,8 | 9734,3 |
| 107 | 280 | 4544,2 | 33180,9 | 25593,1 | 9248,08 |
| 108 | 288 | 4160,9 | 19191,2 | 17889,7 | 10936,2 |
| 109 | 298 | 4796,7 | 960,06 | 960,06 | 960,06 |
| 110 | 316 | 5811,2 | 22448,3 | 12033,4 | 3926,43 |
| 111 | 321 | 2131,5 | 15082,8 | 4339,02 | 4086,82 |
| 112 | 328 | 4298,4 | 36541,1 | 32999,7 | 13872 |
| 113 | 329 | 4185,1 | 0 | 0 | 0 |
| 114 | 333 | 4240,3 | 2515,81 | 2515,81 | 2515,81 |
| 115 | 347 | 4971 | 2818,46 | 2818,46 | 2818,46 |
| 116 | 349 | 5048 | 5396,72 | 5396,72 | 5396,72 |
| 117 | 355 | 5565 | 1292,42 | 1292,42 | 1292,42 |
| 118 | 359 | 4869,4 | 2513,68 | 2513,68 | 2513,68 |
| 119 | 365 | 5273,5 | 2040,93 | 2040,93 | 2040,93 |
| 120 | 367 | 5172 | 882,7 | 882,7 | 882,7 |
| 121 | 371 | 4319,9 | 842,23 | 842,23 | 842,23 |
| 122 | 374 | 4536,4 | 1403,71 | 1403,71 | 1403,71 |
| 123 | 377 | 6554,3 | 6226,31 | 6226,31 | 6226,31 |
| 124 | 382 | 4166,3 | 4237,56 | 4237,56 | 4237,56 |
| 125 | 386 | 4431,5 | 2115,8 | 2115,8 | 2115,8 |
| 126 | 390 | 4999,6 | 0 | 0 | 0 |
| 127 | 393 | 4485 | 1258,16 | 1258,16 | 1258,16 |
| 128 | 399 | 5229,1 | 5317,11 | 3797,49 | 3797,49 |
| 129 | 401 | 5609,4 | 3890,42 | 3890,42 | 3890,42 |
| 130 | 403 | 5914,4 | 9430,64 | 9430,64 | 9430,64 |
| 131 | 406 | 5762,5 | 3502,29 | 4404,62 | 4404,62 |

Tabela D7: Alimentador 8 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 132 | 411 | 6445,2 | 727,36 | 727,36 | 727,36 |
| 133 | 414 | 6680 | 1440,33 | 1440,33 | 1440,33 |
| 134 | 417 | 6174,7 | 3500,32 | 3500,32 | 3500,32 |
| 135 | 424 | 4323,2 | 1505,66 | 1505,66 | 1505,66 |
| 136 | 428 | 4516 | 3802,46 | 3802,46 | 3802,46 |
| 137 | 431 | 4836,2 | 3783,84 | 7385,93 | 3783,84 |
| 138 | 437 | 5178,6 | 0 | 0 | 0 |
| 139 | 440 | 5257,5 | 1409,42 | 1409,42 | 1409,42 |
| 140 | 445 | 6110,4 | 14941,3 | 12395,2 | 2927,03 |
| 141 | 453 | 5126,9 | 496,99 | 496,99 | 496,99 |
| 142 | 456 | 6273,4 | 0 | 0 | 0 |
| 143 | 465 | 5894,6 | 8801,41 | 9618,16 | 5543,06 |
| 144 | 469 | 3271,5 | 0 | 0 | 0 |
| 145 | 661 | 5002,3 | 11263,8 | 11263,8 | 10948,8 |
| 146 | 917 | 6161 | 6648,06 | 6926,21 | 1253,35 |
| 147 | 922 | 6012,5 | 0 | 0 | 0 |
| 148 | 957 | 5737,1 | 3839,35 | 3839,35 | 0 |
| 149 | 1110 | 3274,3 | 11253,8 | 11253,8 | 11253,8 |
| 150 | 1230 | 5375,7 | 854,18 | 854,18 | 0 |
| 151 | 1240 | 3755,9 | 2949,75 | 2949,75 | 0 |
| 152 | 1251 | 6608,6 | 0 | 0 | 0 |
| 153 | 1258 | 5809,5 | 37135,6 | 37135,6 | 37135,6 |
| 154 | 1263 | 5444,3 | 1295,16 | 1295,16 | 0 |
| 155 | 1359 | 3317,8 | 240,96 | 240,96 | 0 |
| 156 | 1368 | 3084,7 | 7664,99 | 7517,44 | 6930,19 |
| 157 | 1371 | 4888,8 | 3740,73 | 3740,73 | 3740,73 |
| 158 | 1384 | 5075,9 | 0 | 0 | 0 |
| 159 | 1390 | 3201,5 | 0 | 0 | 0 |
| 160 | 1413 | 4920,6 | 963,76 | 963,76 | 92,6 |

Tabela D8: Alimentador 9 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pc[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 7 | 5721,5 | 27547,5 | 7626,21 | 5007,43 |
| 2 | 8 | 6050,8 | 27398,9 | 6664,8 | 4401,4 |
| 3 | 9 | 6231,1 | 22098,4 | 3261,74 | 2693,32 |
| 4 | 10 | 5696,1 | 25186,4 | 8275,43 | 3453,4 |
| 5 | 14 | 7756,9 | 29908,2 | 13540,7 | 6646,5 |
| 6 | 17 | 3825,2 | 3644,39 | 705,6 | 552,84 |
| 7 | 22 | 5114,7 | 15884,6 | 4880,22 | 4547 |
| 8 | 31 | 5742,5 | 22232,3 | 12890 | 4741,31 |

Tabela D8: Alimentador 9 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 9 | 32 | 5547,2 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 41 | 8596,5 | 22743,2 | 5481,6 | 3406,2 |
| 11 | 58 | 9077,9 | 14422,3 | 14422,3 | 13668,9 |
| 12 | 61 | 9195,6 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 64 | 8925,9 | 26922,3 | 7655,64 | 5868,05 |
| 14 | 68 | 8817,4 | 21009,7 | 6175,89 | 4870,19 |
| 15 | 74 | 8575,7 | 385,06 | 385,06 | 385,06 |
| 16 | 94 | 8699,4 | 16165,7 | 1126,68 | 2043,6 |
| 17 | 102 | 8094,1 | 20319,7 | 4227,99 | 4052,53 |
| 18 | 105 | 7847 | 16698,1 | 10909 | 10444,7 |
| 19 | 115 | 8132,7 | 9424,65 | 2788,32 | 1804,54 |
| 20 | 120 | 8107,6 | 16666,3 | 6019,14 | 2271,65 |
| 21 | 124 | 8447 | 13307,5 | 4396,93 | 1556,75 |
| 22 | 139 | 5593,5 | 19577,4 | 8675,48 | 1565,91 |
| 23 | 153 | 5468,8 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 161 | 8605,1 | 12086,1 | 5007,57 | 3949,2 |
| 25 | 172 | 7149,6 | 25512,6 | 7539,81 | 8088,94 |
| 26 | 178 | 7247,3 | 29210 | 5203,74 | 3071,03 |
| 27 | 183 | 7293,6 | 29364,6 | 7913,34 | 3246,7 |
| 28 | 190 | 7407,7 | 7313,14 | 1360,49 | 0 |
| 29 | 202 | 7494,8 | 33719,9 | 7884,75 | 3544,6 |
| 30 | 203 | 7433,1 | 44754,2 | 15570,1 | 6745,71 |
| 31 | 220 | 6569,2 | 14878,7 | 14878,7 | 14878,7 |
| 32 | 221 | 6506,7 | 28978,6 | 19245,6 | 12384 |
| 33 | 228 | 6516,7 | 24177,7 | 11922,5 | 4933,12 |
| 34 | 237 | 6678,1 | 17497,5 | 6071,54 | 3103,67 |
| 35 | 248 | 6636,2 | 23154,2 | 15670,7 | 10717 |
| 36 | 256 | 6447,1 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | 260 | 7006,7 | 13929,7 | 6596,56 | 5062,16 |
| 38 | 272 | 6018,2 | 15005,5 | 15005,5 | 15005,5 |
| 39 | 276 | 6164,5 | 15472,4 | 15450,7 | 15019 |
| 40 | 277 | 6432,9 | 9959,73 | 9486,97 | 9539,6 |
| 41 | 280 | 6597,7 | 18236,7 | 6693,29 | 2330,68 |
| 42 | 282 | 6772,8 | 21038,7 | 9300,49 | 5104,04 |
| 43 | 288 | 7001,8 | 24221,3 | 5671,58 | 2177,28 |
| 44 | 295 | 5746,6 | 5830,69 | 5830,69 | 5830,69 |
| 45 | 297 | 5094,8 | 25371,1 | 5133,17 | 4174,59 |
| 46 | 298 | 4917,3 | 28887,5 | 5708,44 | 2190,5 |
| 47 | 300 | 5023 | 19215,3 | 3690,25 | 2905,62 |
| 48 | 303 | 7693,4 | 2551,67 | 3646,29 | 2551,67 |

Tabela D8: Alimentador 9 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 49 | 312 | 7899,6 | 12672,6 | 4260,75 | 1912,39 |
| 50 | 322 | 8113,3 | 24324,6 | 15487,2 | 10869,4 |
| 51 | 326 | 5002,2 | 16455,5 | 7527,92 | 5457,19 |
| 52 | 327 | 4790,5 | 32020,6 | 9024,34 | 5434,7 |
| 53 | 328 | 4660,1 | 28339,7 | 6202,14 | 2467,47 |
| 54 | 329 | 4885,7 | 24520,5 | 3327,97 | 3415,7 |
| 55 | 330 | 5070,1 | 21101,3 | 4551,98 | 4871,03 |
| 56 | 331 | 5377,8 | 14920,8 | 9553,31 | 7931,31 |
| 57 | 341 | 5426,7 | 17162,9 | 6482,98 | 4220,19 |
| 58 | 342 | 2425,2 | 26145,7 | 7609,72 | 5789,48 |
| 59 | 352 | 5714,9 | 18796,7 | 11739,9 | 5007,25 |
| 60 | 358 | 10247,7 | 22738,2 | 12650,1 | 13246,3 |
| 61 | 362 | 10384,1 | 38018,4 | 21424,7 | 9531,62 |
| 62 | 364 | 10539,5 | 27073 | 7751,79 | 2609,33 |
| 63 | 366 | 10904,3 | 18625,4 | 6409,17 | 3996,6 |
| 64 | 368 | 10546,3 | 52196,5 | 25535,4 | 15153,5 |
| 65 | 373 | 10846,8 | 24209,3 | 9957,33 | 3699,7 |
| 66 | 376 | 10843,1 | 26034,5 | 4286,61 | 2230,99 |
| 67 | 381 | 6167,7 | 5039,3 | 462,42 | 0 |
| 68 | 402 | 9034,2 | 710,05 | 710,05 | 710,05 |
| 69 | 405 | 8351,1 | 8002,57 | 8002,57 | 0 |
| 70 | 407 | 8553,3 | 2097,87 | 2300,02 | 1333,08 |
| 71 | 410 | 8577,7 | 3223,42 | 3223,42 | 0 |
| 72 | 411 | 9039 | 4994,53 | 4994,53 | 0 |
| 73 | 425 | 8144,9 | 0 | 0 | 0 |
| 74 | 431 | 11219,7 | 6270,45 | 6270,45 | 6270,45 |
| 75 | 433 | 10365,5 | 0 | 0 | 0 |
| 76 | 435 | 10309,1 | 329,22 | 329,22 | 329,22 |
| 77 | 438 | 10731,2 | 2953,75 | 2953,75 | 912,95 |
| 78 | 439 | 10465 | 5120,16 | 5404,6 | 1926,5 |
| 79 | 447 | 17774 | 2898,62 | 725,03 | 0 |
| 80 | 448 | 18561,9 | 910,94 | 910,94 | 910,94 |
| 81 | 450 | 18732,3 | 1641,39 | 1641,39 | 1641,39 |
| 82 | 452 | 18530,2 | 237,37 | 237,37 | 237,37 |
| 83 | 457 | 18169,6 | 3400,06 | 0 | 0 |
| 84 | 460 | 17966,9 | 229,28 | 229,28 | 0 |
| 85 | 465 | 17378,9 | 614,6 | 614,6 | 0 |
| 86 | 468 | 17036 | 3055,46 | 3055,46 | 3055,46 |
| 87 | 473 | 15874,2 | 1074,48 | 1074,48 | 1074,48 |
| 88 | 475 | 16119,5 | 1707,05 | 1707,05 | 1707,05 |

Tabela D8: Alimentador 9 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 89 | 478 | 15609,5 | 3400,82 | 3400,82 | 3400,82 |
| 90 | 482 | 14848,3 | 827,39 | 827,39 | 827,39 |
| 91 | 484 | 15932,6 | 288,87 | 288,87 | 0 |
| 92 | 488 | 15389,4 | 897,53 | 897,53 | 897,53 |
| 93 | 493 | 15108,3 | 617,91 | 617,91 | 0 |
| 94 | 496 | 16086,1 | 2020,8 | 2020,8 | 2020,8 |
| 95 | 497 | 16295,2 | 345,51 | 345,51 | 345,51 |
| 96 | 501 | 17122,2 | 1255,64 | 1255,64 | 1255,64 |
| 97 | 506 | 16325,1 | 0 | 0 | 0 |
| 98 | 509 | 18144,2 | 956,05 | 956,05 | 956,05 |
| 99 | 512 | 18523,4 | 0 | 0 | 0 |
| 100 | 513 | 18038,5 | 0 | 0 | 0 |
| 101 | 517 | 17590,6 | 1544,85 | 1544,85 | 1544,85 |
| 102 | 523 | 17742,9 | 237,6 | 237,6 | 237,6 |
| 103 | 525 | 12640,7 | 769,27 | 769,27 | 769,27 |
| 104 | 528 | 15439,4 | 585,42 | 585,42 | 585,42 |
| 105 | 529 | 15600 | 5213,53 | 5213,53 | 5213,53 |
| 106 | 532 | 15088,2 | 1448,43 | 1448,43 | 1448,43 |
| 107 | 535 | 14511,6 | 1044,75 | 1044,75 | 1044,75 |
| 108 | 538 | 15921,2 | 0 | 0 | 0 |
| 109 | 550 | 12832,7 | 0 | 0 | 0 |
| 110 | 554 | 12453,1 | 857,92 | 857,92 | 857,92 |
| 111 | 557 | 12016,1 | 258,6 | 258,6 | 258,6 |
| 112 | 559 | 11820,5 | 312,89 | 312,89 | 312,89 |
| 113 | 561 | 11922,5 | 1557 | 1557 | 1557 |
| 114 | 563 | 11410,7 | 1626,45 | 1626,45 | 1626,45 |
| 115 | 564 | 15157,5 | 1180,43 | 1180,43 | 1180,43 |
| 116 | 566 | 15302,9 | 1433,95 | 2598,76 | 2598,76 |
| 117 | 578 | 12817,9 | 2055,23 | 2055,23 | 0 |
| 118 | 581 | 12871,7 | 10347,3 | 10347,3 | 5976,14 |
| 119 | 583 | 13171,8 | 1616,77 | 1616,77 | 317,95 |
| 120 | 584 | 12616,3 | 0 | 0 | 0 |
| 121 | 585 | 12610,7 | 0 | 0 | 0 |
| 122 | 587 | 11906,7 | 2444,11 | 2444,11 | 2444,11 |
| 123 | 588 | 10946,5 | 2163,64 | 2163,64 | 2163,64 |
| 124 | 591 | 10170,5 | 8261,95 | 6948,78 | 1851,85 |
| 125 | 600 | 10323,1 | 18956,4 | 19785,5 | 6303,42 |
| 126 | 602 | 10655,5 | 0 | 0 | 0 |
| 127 | 604 | 11075,8 | 1805,17 | 1805,17 | 1805,17 |
| 128 | 605 | 10310,8 | 13657,7 | 9251,61 | 1003,47 |

Tabela D8: Alimentador 9 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 129 | 607 | 14634,7 | 2940,56 | 2940,56 | 2325,7 |
| 130 | 614 | 15779,2 | 1682,11 | 1682,11 | 1682,11 |
| 131 | 616 | 16189 | 4178,95 | 4178,95 | 4178,95 |
| 132 | 651 | 18826,7 | 1066,63 | 1066,63 | 1066,63 |
| 133 | 652 | 18257,7 | 416,34 | 416,34 | 416,34 |
| 134 | 655 | 18653,5 | 200,01 | 200,01 | 200,01 |
| 135 | 665 | 19231,3 | 0 | 0 | 0 |
| 136 | 669 | 16369,5 | 1714,82 | 1714,82 | 1714,82 |
| 137 | 670 | 16386,2 | 1207,6 | 1207,6 | 1207,6 |
| 138 | 671 | 14305,5 | 1910,32 | 1910,32 | 1910,32 |
| 139 | 677 | 14440,5 | 411,94 | 411,94 | 411,94 |
| 140 | 679 | 14106,6 | 2283,94 | 2283,94 | 2283,94 |
| 141 | 681 | 14974,1 | 2229,45 | 2229,45 | 2229,45 |
| 142 | 683 | 15180,6 | 234,84 | 234,84 | 234,84 |
| 143 | 768 | 7406,9 | 4133,92 | 4133,92 | 4133,92 |
| 144 | 773 | 8132,7 | 2219,25 | 2219,25 | 2219,25 |
| 145 | 775 | 7790,5 | 0 | 0 | 0 |
| 146 | 779 | 8202 | 9116,82 | 9116,82 | 9116,82 |
| 147 | 781 | 4667,6 | 1380,01 | 1380,01 | 0 |
| 148 | 784 | 4710,3 | 848 | 848 | 848 |
| 149 | 788 | 5208,1 | 3699,85 | 3699,85 | 3699,85 |
| 150 | 789 | 5080 | 1667,29 | 1667,29 | 1667,29 |
| 151 | 792 | 5202,3 | 2592,03 | 2592,03 | 0 |
| 152 | 795 | 5520 | 0 | 0 | 0 |
| 153 | 798 | 5802,7 | 1019,22 | 1019,22 | 1019,22 |
| 154 | 803 | 6365,4 | 956,97 | 956,97 | 956,97 |
| 155 | 810 | 6153,7 | 709,08 | 709,08 | 709,08 |
| 156 | 814 | 6233 | 2808,24 | 2808,24 | 1664,51 |
| 157 | 817 | 6558,7 | 1702,38 | 1702,38 | 1702,38 |
| 158 | 819 | 6777,2 | 2405,57 | 2405,57 | 2405,57 |
| 159 | 823 | 6463,8 | 826,46 | 826,46 | 826,46 |
| 160 | 824 | 6726,4 | 2820,57 | 1859,73 | 2820,57 |
| 161 | 827 | 7257,5 | 0 | 0 | 0 |
| 162 | 828 | 6408,7 | 572,51 | 572,51 | 572,51 |
| 163 | 830 | 6906,3 | 888,18 | 888,18 | 888,18 |
| 164 | 832 | 7301,5 | 5249,12 | 0 | 0 |
| 165 | 834 | 7716,3 | 1242,2 | 1242,2 | 1242,2 |
| 166 | 838 | 6643,2 | 772,42 | 772,42 | 772,42 |
| 167 | 841 | 6841,7 | 667,28 | 667,28 | 667,28 |
| 168 | 844 | 7187,4 | 3323,74 | 3323,74 | 3323,74 |

Tabela D8: Alimentador 9 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 169 | 846 | 7433,7 | 6267,05 | 6267,05 | 6267,05 |
| 170 | 848 | 7865,1 | 1179,79 | 1179,79 | 1179,79 |
| 171 | 850 | 8912,7 | 3308,54 | 3308,54 | 3308,54 |
| 172 | 852 | 8988,9 | 3452,62 | 3452,62 | 3452,62 |
| 173 | 854 | 9440,2 | 0 | 0 | 0 |
| 174 | 858 | 10299,4 | 701,17 | 701,17 | 701,17 |
| 175 | 860 | 10737,5 | 470,49 | 470,49 | 470,49 |
| 176 | 863 | 11198,8 | 1351,23 | 1351,23 | 1351,23 |
| 177 | 866 | 11298,8 | 302,23 | 302,23 | 302,23 |
| 178 | 869 | 11765,5 | 0 | 0 | 0 |
| 179 | 872 | 12141,9 | 920,91 | 920,91 | 920,91 |
| 180 | 874 | 12490 | 1040,36 | 1040,36 | 1040,36 |
| 181 | 877 | 12738,5 | 1838,09 | 1838,09 | 1838,09 |
| 182 | 882 | 13322,4 | 1969,88 | 1969,88 | 1969,88 |
| 183 | 885 | 13856,1 | 454,42 | 454,42 | 454,42 |
| 184 | 898 | 9392,9 | 2243,29 | 2243,29 | 2243,29 |
| 185 | 899 | 9504,1 | 1848,02 | 1848,02 | 1848,02 |
| 186 | 902 | 9814,4 | 641,69 | 641,69 | 641,69 |
| 187 | 904 | 8543,8 | 278,77 | 278,77 | 278,77 |
| 188 | 912 | 9928,4 | 1481,55 | 1481,55 | 1481,55 |
| 189 | 914 | 9972,9 | 375,56 | 375,56 | 375,56 |
| 190 | 918 | 10852,1 | 1286,59 | 1286,59 | 1286,59 |
| 191 | 920 | 9629,4 | 3256,19 | 3256,19 | 3256,19 |
| 192 | 923 | 9861,3 | 6754,43 | 6754,43 | 6754,43 |
| 193 | 924 | 9819,7 | 2952,05 | 1586,75 | 1341,76 |
| 194 | 929 | 10296,2 | 1941,29 | 1941,29 | 1941,29 |
| 195 | 933 | 11229,7 | 3848,41 | 3848,41 | 3848,41 |
| 196 | 937 | 12237,5 | 1920,91 | 1920,91 | 1920,91 |
| 197 | 938 | 11828,6 | 639,71 | 639,71 | 639,71 |
| 198 | 940 | 11991,6 | 3609,49 | 3609,49 | 3609,49 |
| 199 | 943 | 12411,1 | 0 | 0 | 0 |
| 200 | 950 | 9804,2 | 1669,61 | 1669,61 | 1669,61 |
| 201 | 978 | 7485,9 | 4899,42 | 4899,42 | 4899,42 |
| 202 | 1012 | 11058,6 | 468,36 | 468,36 | 468,36 |
| 203 | 1014 | 11282,1 | 3598,6 | 3598,6 | 1683,27 |
| 204 | 1018 | 11409,1 | 2645,85 | 2645,85 | 2645,85 |
| 205 | 1019 | 11445,7 | 2484,96 | 1926,02 | 910,04 |
| 206 | 1023 | 11637,3 | 5484,32 | 3790,59 | 2978,14 |
| 207 | 1024 | 11687,7 | 671,55 | 1101,92 | 430,37 |
| 208 | 1025 | 11790,3 | 2615,85 | 1692,14 | 1108,28 |

Tabela D8: Alimentador 9 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 209 | 1026 | 11567 | 6243,15 | 7457,82 | 3486,08 |
| 210 | 1032 | 12281,3 | 1135,07 | 1135,07 | 1135,07 |
| 211 | 1036 | 13003,2 | 803,14 | 803,14 | 803,14 |
| 212 | 1038 | 13127,8 | 839,45 | 839,45 | 839,45 |
| 213 | 1042 | 13512,9 | 938,07 | 938,07 | 938,07 |
| 214 | 1045 | 14309,6 | 1055,26 | 1055,26 | 1055,26 |
| 215 | 1051 | 14886,9 | 692,63 | 692,63 | 692,63 |
| 216 | 1053 | 14383,4 | 2627,14 | 2627,14 | 2627,14 |
| 217 | 1057 | 12182,1 | 638,14 | 400,86 | 194,14 |
| 218 | 1059 | 12304,3 | 1854,88 | 1854,88 | 1854,88 |
| 219 | 1061 | 12424,5 | 1701,6 | 1701,6 | 1701,6 |
| 220 | 1063 | 6548,4 | 1594,23 | 1759,96 | 1759,96 |
| 221 | 1065 | 6726,1 | 1787,58 | 3837,42 | 3837,42 |
| 222 | 1066 | 6757 | 3174,12 | 3174,12 | 0 |
| 223 | 1068 | 6605,1 | 3406,52 | 2879,92 | 2879,92 |
| 224 | 1071 | 14065,3 | 1423,27 | 1423,27 | 1423,27 |
| 225 | 1073 | 14226,2 | 784,37 | 784,37 | 784,37 |
| 226 | 1076 | 10019,2 | 3515,4 | 1736,04 | 0 |
| 227 | 1079 | 7967,6 | 1052,64 | 1052,64 | 1052,64 |
| 228 | 1084 | 8368,7 | 1888,35 | 1888,35 | 1888,35 |
| 229 | 1085 | 8705,3 | 2054,32 | 2054,32 | 2054,32 |
| 230 | 1090 | 9113,8 | 0 | 0 | 0 |
| 231 | 1092 | 9353,1 | 907,25 | 907,25 | 0 |
| 232 | 1097 | 4122,8 | 516,9 | 516,9 | 516,9 |
| 233 | 1100 | 4308,8 | 10886,8 | 10886,8 | 8961,9 |
| 234 | 1108 | 5522,6 | 2096,59 | 2096,59 | 2096,59 |
| 235 | 1109 | 5719,7 | 2963,39 | 2963,39 | 2963,39 |
| 236 | 1112 | 5906,8 | 1117,84 | 1117,84 | 1117,84 |
| 237 | 1115 | 6479,9 | 2259,28 | 2259,28 | 2259,28 |
| 238 | 1121 | 11240,2 | 1303,45 | 1303,45 | 1303,45 |
| 239 | 1123 | 11045,8 | 2181,24 | 2181,24 | 2181,24 |
| 240 | 1125 | 10997,6 | 1091,88 | 1091,88 | 1091,88 |
| 241 | 1128 | 10744,9 | 1088,4 | 1088,4 | 1088,4 |
| 242 | 1132 | 10572,1 | 1114,17 | 1114,17 | 1114,17 |
| 243 | 1134 | 10267,2 | 1147,36 | 1147,36 | 1147,36 |
| 244 | 1140 | 9081,2 | 4687,91 | 4687,91 | 4687,91 |
| 245 | 1142 | 9668,7 | 329,29 | 329,29 | 0 |
| 246 | 1144 | 9485,1 | 3184,28 | 3184,28 | 3184,28 |
| 247 | 1146 | 15415,3 | 196,44 | 196,44 | 0 |
| 248 | 1147 | 15150,9 | 5130,78 | 3010,43 | 3010,43 |

Tabela D8: Alimentador 9 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 249 | 1149 | 15515,7 | 1040,4 | 1040,4 | 0 |
| 250 | 1150 | 15421,4 | 289,23 | 289,23 | 289,23 |
| 251 | 1151 | 15661 | 0 | 0 | 0 |
| 252 | 1156 | 14925,6 | 672,17 | 672,17 | 672,17 |
| 253 | 1161 | 14380,4 | 332,79 | 332,79 | 332,79 |
| 254 | 1165 | 14038,1 | 299,85 | 299,85 | 299,85 |
| 255 | 1170 | 13355,5 | 0 | 0 | 0 |
| 256 | 1172 | 13268 | 1975,89 | 1975,89 | 1975,89 |
| 257 | 1175 | 12146,5 | 1013,04 | 1013,04 | 1013,04 |
| 258 | 1178 | 14466,4 | 1217,75 | 1217,75 | 1217,75 |
| 259 | 1180 | 14566,5 | 335,11 | 335,11 | 335,11 |
| 260 | 1185 | 13769,5 | 1125,6 | 1125,6 | 1125,6 |
| 261 | 1186 | 14490,7 | 0 | 0 | 0 |
| 262 | 1188 | 14037,8 | 3587,46 | 3587,46 | 3587,46 |
| 263 | 1191 | 13269,7 | 2792,9 | 2792,9 | 1645,92 |
| 264 | 1194 | 13333,3 | 0 | 1040,4 | 1040,4 |
| 265 | 1196 | 12996,3 | 1772,87 | 1772,87 | 1772,87 |
| 266 | 1198 | 12888,6 | 1560,53 | 1560,53 | 0 |
| 267 | 1200 | 13199,3 | 3060,18 | 3060,18 | 3060,18 |
| 268 | 1202 | 13008,4 | 3156,88 | 3156,88 | 3156,88 |
| 269 | 1204 | 12868,5 | 5509,64 | 5509,64 | 5509,64 |
| 270 | 1207 | 13490,3 | 1799,03 | 1799,03 | 1799,03 |
| 271 | 1214 | 17302,2 | 181,36 | 181,36 | 181,36 |
| 272 | 1253 | 13345 | 1102,54 | 1102,54 | 0 |
| 273 | 1259 | 8462 | 7205,38 | 4887,71 | 2059,68 |
| 274 | 1265 | 8506,2 | 4494,5 | 3816,02 | 1879,52 |
| 275 | 1267 | 8417,5 | 3262,76 | 1628,02 | 1908,31 |
| 276 | 1268 | 8506,4 | 5540,92 | 7474,13 | 4277,95 |
| 277 | 1283 | 8725,4 | 1531,93 | 1675,28 | 479,76 |
| 278 | 1284 | 8831,6 | 0 | 0 | 0 |
| 279 | 1287 | 8542,9 | 1263,07 | 2083,79 | 912,95 |
| 280 | 1289 | 8631,2 | 3425,98 | 5898,79 | 1524,27 |
| 281 | 1299 | 8507,1 | 5736,81 | 3774,87 | 2460,09 |
| 282 | 1306 | 6697,2 | 0 | 0 | 0 |
| 283 | 1312 | 8061,8 | 2221,44 | 2221,44 | 2221,44 |
| 284 | 1313 | 7830,4 | 1359,83 | 1359,83 | 330,06 |
| 285 | 1315 | 6090,1 | 1149,65 | 1149,65 | 0 |
| 286 | 1328 | 11272,4 | 12495,5 | 8770,47 | 3826,16 |
| 287 | 1339 | 10154,1 | 285,24 | 285,24 | 0 |
| 288 | 1353 | 8509,1 | 25558 | 8103,35 | 4474,61 |

Tabela D8: Alimentador 9 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 289 | 1357 | 8777,4 | 4689,83 | 3059,67 | 1519,72 |
| 290 | 1376 | 8783,2 | 22609,6 | 6638,7 | 2106,95 |
| 291 | 1388 | 8511,1 | 9821,31 | 5452,27 | 2313 |
| 292 | 1442 | 7489,3 | 36151,9 | 8827,97 | 8646,88 |
| 293 | 1476 | 8798,5 | 4878,99 | 4878,99 | 4878,99 |
| 294 | 1478 | 8831,2 | 7220,23 | 948,26 | 0 |
| 295 | 1516 | 7905,1 | 20762,9 | 3518,29 | 1843,29 |
| 296 | 1526 | 7903,9 | 18034,2 | 7413,5 | 5970,92 |
| 297 | 1533 | 7451,7 | 29035,2 | 2971,3 | 4511,4 |
| 298 | 1553 | 6260,2 | 13245,1 | 7882,54 | 7354,13 |
| 299 | 1572 | 8016,3 | 25404,1 | 6789,71 | 4036,81 |
| 300 | 1575 | 7928,5 | 2357,87 | 2357,87 | 1693,56 |
| 301 | 1579 | 7889,9 | 23418,1 | 8267,24 | 2784,22 |
| 302 | 1586 | 7830,7 | 1203,37 | 1203,37 | 1203,37 |
| 303 | 1626 | 8476,2 | 33254,3 | 10782,7 | 8374,05 |
| 304 | 1632 | 8115,1 | 22154,4 | 6584,02 | 926,73 |
| 305 | 1638 | 8123,9 | 19644,1 | 7862,9 | 5587,49 |
| 306 | 1650 | 8033,8 | 8236,56 | 6973,47 | 2424,56 |
| 307 | 1662 | 5909,5 | 2641,6 | 693,37 | 206,31 |
| 308 | 1666 | 6043,2 | 23571,3 | 6052,15 | 2936,8 |
| 309 | 1667 | 8206,8 | 29593,9 | 8647,77 | 4106,22 |
| 310 | 1683 | 8387 | 37632,2 | 10342,5 | 4429,88 |
| 311 | 1685 | 8342,4 | 36133,2 | 13005,2 | 8159,91 |
| 312 | 1687 | 8253,9 | 21219,8 | 9052,76 | 2172,25 |
| 313 | 1707 | 7820,8 | 23248,7 | 9889,37 | 9034,6 |
| 314 | 1711 | 7644,4 | 26011,8 | 7789,57 | 4718,43 |
| 315 | 1715 | 7827,2 | 24787,9 | 8202,5 | 2741,71 |
| 316 | 1737 | 7031,1 | 4281,07 | 4281,07 | 4281,07 |
| 317 | 1743 | 7187,7 | 629,79 | 629,79 | 629,79 |
| 318 | 1745 | 7139,4 | 0 | 0 | 0 |
| 319 | 1777 | 7188,1 | 18124,4 | 4235,65 | 2626,4 |
| 320 | 1786 | 7261,9 | 5345,05 | 5345,05 | 5345,05 |
| 321 | 1788 | 7124,3 | 13949,9 | 6890,14 | 5764,96 |
| 322 | 1791 | 6936,8 | 15974,2 | 11974,4 | 7404,95 |
| 323 | 1799 | 7420,7 | 6956,25 | 4556,64 | 4556,64 |
| 324 | 1811 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 325 | 1833 | 6969,3 | 0 | 0 | 0 |
| 326 | 1838 | 7119,1 | 3067,43 | 557,53 | 138,86 |
| 327 | 1851 | 8177,3 | 27511,8 | 8344,39 | 3652,73 |
| 328 | 1868 | 15666,5 | 0 | 0 | 0 |

Tabela D8: Alimentador 9 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 329 | 1948 | 5363,5 | 873,54 | 873,54 | 873,54 |
| 330 | 2057 | 10337,9 | 8926,96 | 8926,96 | 2544,15 |
| 331 | 2062 | 13268,1 | 1478,33 | 0 | 0 |
| 332 | 2069 | 6015 | 12169,8 | 8361,52 | 8058,54 |
| 333 | 2071 | 6165,1 | 12068,6 | 5568,6 | 7128,2 |
| 334 | 2078 | 6095,6 | 13039,9 | 7664,64 | 7038,2 |
| 335 | 2103 | 12223,7 | 0 | 0 | 0 |
| 336 | 2177 | 8027,4 | 4705,14 | 5234,05 | 2543,26 |
| 337 | 2199 | 16126,1 | 0 | 993,56 | 993,56 |
| 338 | 2265 | 14513,8 | 4586,39 | 4586,39 | 4586,39 |
| 339 | 2270 | 15696,8 | 510,57 | 510,57 | 0 |
| 340 | 2274 | 6336,1 | 0 | 0 | 0 |
| 341 | 2276 | 14476,9 | 325,43 | 325,43 | 0 |
| 342 | 2286 | 16116,3 | 1392,22 | 1392,22 | 0 |
| 343 | 2293 | 11340,8 | 230,79 | 230,79 | 0 |
| 344 | 2299 | 14733,7 | 1145,38 | 1145,38 | 0 |
| 345 | 2304 | 6777,1 | 234,99 | 234,99 | 0 |
| 346 | 2308 | 9835,2 | 1176,55 | 1176,55 | 0 |
| 347 | 2311 | 5584,1 | 0 | 0 | 0 |
| 348 | 2340 | 9116,1 | 1936,13 | 1936,13 | 0 |
| 349 | 2342 | 8486,8 | 376,73 | 376,73 | 0 |
| 350 | 2346 | 15487,5 | 1627,39 | 1627,39 | 0 |
| 351 | 2354 | 15712 | 781,61 | 781,61 | 0 |
| 352 | 2357 | 12131,3 | 234,99 | 234,99 | 0 |
| 353 | 2360 | 6055,9 | 1073,75 | 1073,75 | 0 |
| 354 | 2366 | 14781,8 | 1115,25 | 1115,25 | 1115,25 |
| 355 | 2380 | 8982,3 | 2766,67 | 2766,67 | 2766,67 |
| 356 | 2384 | 10475,6 | 0 | 0 | 0 |
| 357 | 2498 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 358 | 3148 | 10184,3 | 1005,07 | 1005,07 | 1005,07 |
| 359 | 3155 | 6197,4 | 463,77 | 463,77 | 0 |
| 360 | 3158 | 8223,1 | 2195,7 | 2195,7 | 0 |
| 361 | 3164 | 6687,7 | 864,27 | 864,27 | 0 |
| 362 | 3421 | 14995,9 | 25,17 | 25,17 | 0 |

Tabela D9: Alimentador 10 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 4 | 3317,5 | 48851,2 | 9920,84 | 3852,89 |
| 2 | 10 | 3650,8 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 16 | 3856,4 | 6793,26 | 6793,26 | 6793,26 |

Tabela D9: Alimentador 10 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 4 | 18 | 3931,6 | 5841,7 | 3972,48 | 3972,48 |
| 5 | 19 | 4008,4 | 4781,23 | 2516,56 | 2516,56 |
| 6 | 20 | 4046,8 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 24 | 2058,1 | 20593,3 | 7341,75 | 6255,09 |
| 8 | 25 | 2063,8 | 16620,9 | 6680,25 | 6480,49 |
| 9 | 33 | 2437,4 | 18849,1 | 5390,24 | 2821,87 |
| 10 | 34 | 3708 | 2659,12 | 2659,12 | 2659,12 |
| 11 | 39 | 3207,8 | 15582,4 | 15582,4 | 15582,4 |
| 12 | 41 | 3342,5 | 411,94 | 411,94 | 411,94 |
| 13 | 54 | 176 | 19877,9 | 23611,1 | 15600,4 |
| 14 | 55 | 4369,3 | 3101,23 | 3101,23 | 3101,23 |
| 15 | 56 | 4406,6 | 5031,13 | 5031,13 | 5031,13 |
| 16 | 58 | 4465,3 | 4748,69 | 4748,69 | 4748,69 |
| 17 | 61 | 4578,5 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 66 | 3469,8 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 74 | 3501,3 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 88 | 4083,2 | 5706,05 | 5706,05 | 5706,05 |
| 21 | 89 | 4044,7 | 2280,32 | 2280,32 | 2280,32 |
| 22 | 90 | 4066,4 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 91 | 4187,7 | 298,65 | 298,65 | 298,65 |
| 24 | 95 | 4084,9 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 100 | 4626,5 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 108 | 4257,1 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 117 | 4772,3 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 131 | 3807,9 | 1765,15 | 1765,15 | 1765,15 |
| 29 | 136 | 4206,5 | 8312,6 | 8312,6 | 8312,6 |
| 30 | 142 | 4125,7 | 411,94 | 411,94 | 411,94 |
| 31 | 149 | 4215,8 | 2246,2 | 2246,2 | 2246,2 |
| 32 | 154 | 4198,2 | 0 | 0 | 0 |
| 33 | 156 | 4171,1 | 6815,43 | 6815,43 | 6815,43 |
| 34 | 158 | 4008,5 | 8584,28 | 8584,28 | 8584,28 |
| 35 | 166 | 448,9 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | 168 | 510,2 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | 170 | 450,7 | 0 | 0 | 0 |
| 38 | 172 | 357,3 | 16366 | 13992,8 | 6370,29 |
| 39 | 204 | 3985,4 | 8178,33 | 8178,33 | 8178,33 |
| 40 | 209 | 3998,3 | 0 | 0 | 0 |
| 41 | 210 | 3522,7 | 31118,7 | 7926,69 | 2327,09 |
| 42 | 214 | 3410,7 | 32660,4 | 11670,8 | 3329,33 |

Tabela D9: Alimentador 10 da Subestação 4

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 44 | 237 | 3231,8 | 45343,7 | 11225 | 3403,51 |
| 45 | 286 | 2275 | 30809,9 | 13254,5 | 7281,4 |
| 46 | 316 | 2069,6 | 30673,9 | 7853,79 | 4714,54 |
| 47 | 318 | 1636,1 | 30000,9 | 16013,6 | 4439,03 |
| 48 | 320 | 2192,8 | 25151,2 | 11482 | 5786,01 |
| 49 | 341 | 2612,8 | 13539,4 | 3310,97 | 1887,37 |
| 50 | 343 | 2531,5 | 29907 | 9977,84 | 5833,8 |
| 51 | 345 | 2472 | 10518 | 7955,2 | 8567,64 |
| 52 | 347 | 2315,3 | 24462 | 11444,5 | 7910,95 |
| 53 | 354 | 2470,6 | 22284,8 | 8419,79 | 3534,54 |
| 54 | 384 | 3455,6 | 35122,3 | 4486,65 | 2472,32 |
| 55 | 386 | 3418,8 | 13383,7 | 5094,4 | 2962 |
| 56 | 388 | 3572,3 | 28064,1 | 5064,03 | 4463,5 |
| 57 | 392 | 3279,6 | 11765,3 | 11765,3 | 11765,3 |
| 58 | 394 | 3260,1 | 20843,7 | 5753,78 | 2576,19 |
| 59 | 402 | 3395,8 | 23377,4 | 6821,03 | 2480,8 |
| 60 | 404 | 2746,8 | 33755,4 | 7529,82 | 4456,35 |
| 61 | 406 | 2893,3 | 13773,2 | 3346,03 | 1300,95 |
| 62 | 408 | 3034,3 | 25879,1 | 5378,17 | 2937,85 |
| 63 | 483 | 4591,7 | 0 | 0 | 0 |
| 64 | 492 | 2229 | 29469,7 | 5465,19 | 2534,67 |
| 65 | 494 | 3026,3 | 2287,56 | 2287,56 | 2287,56 |
| 66 | 563 | 4069,4 | 0 | 0 | 0 |
| 67 | 577 | 3655,5 | 0 | 0 | 0 |
| 68 | 595 | 796,4 | 0 | 0 | 0 |
| 69 | 596 | 642,1 | 0 | 0 | 0 |
| 70 | 604 | 3888,6 | 0 | 0 | 0 |
| 71 | 610 | 1839,6 | 2663,33 | 2663,33 | 2663,33 |
| 72 | 630 | 2659,2 | 0 | 0 | 0 |
| 73 | 678 | 4875,3 | 0 | 0 | 0 |
| 74 | 685 | 3866,7 | 0 | 0 | 0 |

Apêndice E – Dados da Subestação 5

Tabela E1: Alimentador 1 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 4 | 1644,8 | 140,32 | 140,32 | 140,32 |
| 2 | 5 | 893,8 | 8721,99 | 5245,7 | 4096,1 |
| 3 | 7 | 980,5 | 33250,4 | 31658 | 25973,9 |
| 4 | 8 | 2001,8 | 21270,6 | 12279,8 | 4920,09 |
| 5 | 11 | 2031,3 | 7629,2 | 7629,2 | 7629,2 |
| 6 | 12 | 2122,3 | 21045,9 | 13812,6 | 6673,19 |
| 7 | 13 | 1957,3 | 17705,3 | 13441 | 6640,97 |
| 8 | 14 | 2338,5 | 15445,9 | 11485,1 | 3336,86 |
| 9 | 15 | 2265,1 | 15503,4 | 3148,66 | 2146,76 |
| 10 | 16 | 2500 | 28062,7 | 17275,3 | 7532,27 |
| 11 | 17 | 2343,7 | 24311,2 | 12555,9 | 9295,73 |
| 12 | 19 | 4988,2 | 38990,2 | 13420,4 | 5665,9 |
| 13 | 20 | 4819,6 | 13713,1 | 2802,99 | 1091,89 |
| 14 | 22 | 4677,6 | 47180,5 | 24324,5 | 8145,04 |
| 15 | 23 | 4626,5 | 38924,8 | 20786,7 | 6706,27 |
| 16 | 24 | 4776,3 | 5356,67 | 5356,67 | 5356,67 |
| 17 | 25 | 4791,7 | 20709,1 | 23584,3 | 15034,6 |
| 18 | 26 | 4816,9 | 14725,9 | 12834,9 | 4473,45 |
| 19 | 27 | 5109 | 28003,7 | 7895,61 | 5917,39 |
| 20 | 28 | 5072,6 | 44768,4 | 5345,38 | 6283,77 |
| 21 | 29 | 4112,2 | 9673,85 | 9673,85 | 9319,56 |
| 22 | 30 | 4222,9 | 22482,4 | 15701,9 | 2915,21 |
| 23 | 31 | 4341,6 | 31813,5 | 22818,4 | 9067,18 |
| 24 | 34 | 4474,3 | 29007,6 | 22359,5 | 7793,02 |
| 25 | 35 | 4694,5 | 19196,3 | 4589,52 | 4210,21 |
| 26 | 36 | 4667,6 | 22592,8 | 5873,66 | 1059,71 |
| 27 | 41 | 4543,2 | 37146,9 | 23520,9 | 12064,9 |

Tabela E1: Alimentador 1 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 28 | 42 | 5056,9 | 37382,9 | 9798,4 | 3383,91 |
| 29 | 43 | 5000,7 | 22119,6 | 5372,79 | 2552,63 |
| 30 | 44 | 5015,5 | 35457,1 | 7358,74 | 3913,07 |
| 31 | 46 | 4925,2 | 26518,3 | 11330,6 | 3195,72 |
| 32 | 47 | 4983,5 | 29230,8 | 2368,88 | 3004,44 |
| 33 | 48 | 4270,5 | 21718,8 | 8410,75 | 6128,36 |
| 34 | 50 | 4353,4 | 31863,1 | 9323,99 | 8319,05 |
| 35 | 51 | 4598,3 | 14547,3 | 7811,65 | 1829,46 |
| 36 | 52 | 4492,3 | 29368,5 | 9821,08 | 7675,82 |
| 37 | 53 | 4665,1 | 17967,2 | 10943,9 | 4767,28 |
| 38 | 55 | 3749,9 | 28019,3 | 11238,1 | 4480,51 |
| 39 | 57 | 3962,6 | 36193,3 | 13186,4 | 5523,07 |
| 40 | 59 | 2900,2 | 20738,7 | 12891,7 | 6048,54 |
| 41 | 60 | 2868,2 | 8265,93 | 8075,54 | 640,89 |
| 42 | 63 | 2792,4 | 26008,6 | 15112,9 | 7008,4 |
| 43 | 64 | 2970,5 | 13572,5 | 11840,3 | 6244,98 |
| 44 | 65 | 3062,4 | 9202,62 | 9258,25 | 2616,97 |
| 45 | 66 | 3398 | 9857,55 | 6148,38 | 1539,61 |
| 46 | 67 | 2420,9 | 18313,4 | 9262,68 | 6641,13 |
| 47 | 68 | 4320,7 | 0 | 0 | 0 |
| 48 | 70 | 2961,9 | 0 | 0 | 0 |
| 49 | 72 | 2575,3 | 11373,2 | 8169,19 | 4333,71 |
| 50 | 74 | 4090,7 | 0 | 0 | 0 |
| 51 | 148 | 4458,6 | 12849,7 | 12849,7 | 12849,7 |
| 52 | 152 | 4984,8 | 977,34 | 977,34 | 0 |
| 53 | 155 | 4851,9 | 3354,76 | 3354,76 | 3354,76 |
| 54 | 157 | 5012,1 | 2971,71 | 2971,71 | 0 |
| 55 | 163 | 4487,3 | 1460,16 | 1460,16 | 1460,16 |
| 56 | 164 | 1790,9 | 12901,1 | 12463,5 | 4235,59 |
| 57 | 169 | 3746,5 | 0 | 0 | 0 |
| 58 | 175 | 4671,3 | 0 | 0 | 0 |
| 59 | 179 | 2436,7 | 22385,2 | 10933,6 | 4306,35 |
| 60 | 180 | 2239 | 0 | 0 | 0 |
| 61 | 181 | 2310 | 20706,1 | 5862,65 | 2438,58 |
| 62 | 184 | 1490,9 | 21304,7 | 18349,9 | 6462,11 |
| 63 | 186 | 1337,2 | 30313,9 | 17071,2 | 8211,14 |
| 64 | 187 | 1988,7 | 18740 | 13567,6 | 4419,38 |
| 65 | 190 | 1184,6 | 27636,8 | 18458,6 | 5454,38 |
| 66 | 191 | 1328,8 | 31736,2 | 25828,6 | 5554,84 |
| 67 | 194 | 880,6 | 12171,8 | 6421,77 | 6441,09 |

Tabela E1: Alimentador 1 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 68 | 198 | 2460 | 15516,9 | 7150,66 | 3064,11 |
| 69 | 200 | 4134,9 | 13835,9 | 8828,92 | 1806,69 |
| 70 | 203 | 5261,7 | 29092,1 | 4048,68 | 1872,59 |
| 71 | 210 | 3168,9 | 3706,93 | 3706,93 | 3706,93 |
| 72 | 221 | 4113,2 | 21589,7 | 22838,1 | 8164,94 |
| 73 | 224 | 3762,5 | 7258,96 | 7258,96 | 7258,96 |
| 74 | 226 | 3747,5 | 26457,4 | 23858,7 | 21219,6 |
| 75 | 233 | 3505,9 | 3894,23 | 3894,23 | 3894,23 |
| 76 | 255 | 4293,5 | 7829,43 | 5823,06 | 3171,68 |
| 77 | 273 | 4197,8 | 14197,6 | 4155,13 | 3637,44 |
| 78 | 275 | 4984,9 | 37573,6 | 18827,3 | 11676,5 |
| 79 | 290 | 5332,7 | 34774,3 | 18719,6 | 10793,4 |
| 80 | 292 | 5560,5 | 17600,6 | 4554,65 | 3036,01 |
| 81 | 298 | 5602,3 | 29815,9 | 6857,43 | 4899,31 |
| 82 | 300 | 5394 | 19554,9 | 3781,28 | 3578,3 |
| 83 | 302 | 5285,7 | 29518,4 | 9146,07 | 2786,82 |
| 84 | 333 | 5258,7 | 30387 | 10899 | 5262,12 |
| 85 | 343 | 5301,5 | 16345,1 | 4432,98 | 1864,15 |
| 86 | 351 | 4554,4 | 0 | 0 | 0 |
| 87 | 352 | 4499 | 0 | 0 | 0 |
| 88 | 373 | 3758,4 | 1176,17 | 1176,17 | 1176,17 |
| 89 | 375 | 3826,4 | 0 | 0 | 0 |
| 90 | 383 | 3989,9 | 30882,2 | 12113,5 | 11212,3 |
| 91 | 391 | 4271,7 | 21747 | 5463,25 | 3631,66 |
| 92 | 393 | 3538,8 | 22264,3 | 16465,6 | 15254,9 |
| 93 | 432 | 3774,2 | 32461,7 | 11029,7 | 11080,8 |
| 94 | 439 | 3861 | 0 | 0 | 0 |
| 95 | 474 | 1854,6 | 25923,2 | 10360,7 | 3148,6 |
| 96 | 481 | 1725,4 | 11076,1 | 5207,78 | 2935,61 |
| 97 | 491 | 2107 | 11924,5 | 12536,1 | 4903,02 |
| 98 | 493 | 2170,7 | 20328,3 | 18412,4 | 5002,86 |
| 99 | 526 | 2224,4 | 18288,1 | 15172,9 | 8737,34 |
| 100 | 528 | 2287 | 19416 | 16477,7 | 10736 |
| 101 | 530 | 1677,6 | 20594,1 | 3999,6 | 1725,6 |
| 102 | 532 | 1626,8 | 24608,2 | 1900,18 | 2489,28 |
| 103 | 534 | 1546 | 28230,2 | 9602,49 | 4518,72 |
| 104 | 536 | 1508 | 25845,8 | 9204,67 | 5592,37 |
| 105 | 575 | 2125,9 | 17155,9 | 19438,5 | 8450,22 |
| 106 | 582 | 2220,1 | 23280,4 | 14069,4 | 4267,34 |
| 107 | 606 | 5216,7 | 466,22 | 466,22 | 466,22 |

Tabela E1: Alimentador 1 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 108 | 753 | 1662,6 | 18844 | 18891,6 | 14752,5 |
| 109 | 876 | 3888,1 | 0 | 0 | 0 |
| 110 | 1096 | 221,1 | 599,65 | 599,65 | 0 |
| 111 | 1098 | 3423,1 | 4871,77 | 4871,77 | 4871,77 |
| 112 | 1100 | 3789,3 | 3817,16 | 3817,16 | 3817,16 |
| 113 | 1111 | 4063,8 | 2925,96 | 2925,96 | 2925,96 |
| 114 | 1166 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 115 | 1186 | 4274 | 13248,2 | 11071,6 | 10981,5 |

Tabela E2: Alimentador 2 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 3 | 1282 | 24374,6 | 10216,4 | 4937,9 |
| 2 | 7 | 1234,5 | 19132,9 | 12500 | 6387,74 |
| 3 | 16 | 2150,9 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 22 | 1901,1 | 1678,06 | 1678,06 | 0 |
| 5 | 24 | 2463,3 | 1899,81 | 1899,81 | 0 |
| 6 | 29 | 904,7 | 3193,28 | 2404,52 | 479,51 |
| 7 | 30 | 1320,8 | 20975,9 | 12030 | 3782,54 |
| 8 | 31 | 1359 | 17899,4 | 8771,29 | 6823,68 |
| 9 | 34 | 1067,4 | 23397,6 | 14464,5 | 7079,07 |
| 10 | 36 | 1214,4 | 21493,6 | 11714,7 | 3930,62 |
| 11 | 39 | 3520,1 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 48 | 2743,9 | 240,96 | 240,96 | 0 |
| 13 | 51 | 2371,6 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 55 | 1405,4 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 59 | 1304,5 | 11417,1 | 7451,17 | 2710,4 |
| 16 | 62 | 1431 | 12486,6 | 12486,6 | 12486,6 |
| 17 | 67 | 1232,6 | 738,89 | 738,89 | 738,89 |
| 18 | 69 | 707,4 | 9109,17 | 4520,71 | 1531,85 |
| 19 | 71 | 457,5 | 23483,1 | 12708,2 | 6362,55 |
| 20 | 78 | 3399,9 | 2015,57 | 2015,57 | 2015,57 |
| 21 | 83 | 4019,3 | 1165,07 | 1165,07 | 1165,07 |
| 22 | 87 | 4546,4 | 1417,31 | 1752,18 | 334,87 |
| 23 | 90 | 4750 | 3990,06 | 4182,73 | 2009,86 |
| 24 | 233 | 4797,5 | 325,43 | 325,43 | 0 |
| 25 | 236 | 4851,3 | 234,99 | 234,99 | 0 |
| 26 | 244 | 2928,3 | 1125,6 | 1125,6 | 1125,6 |
| 27 | 252 | 5157,3 | 471,1 | 471,1 | 0 |
| 28 | 257 | 625,5 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 309 | 2846,3 | 354,16 | 354,16 | 0 |

Tabela E3: Alimentador 3 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 4 | 748,8 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 6 | 2052,7 | 4585 | 3069,07 | 1443,54 |
| 3 | 8 | 1946,1 | 9815,43 | 9815,43 | 9815,43 |
| 4 | 9 | 1855,5 | 3658,89 | 3658,89 | 2627,59 |
| 5 | 16 | 1153,7 | 5046,64 | 5046,64 | 5046,64 |
| 6 | 19 | 2522,9 | 749,34 | 749,34 | 749,34 |
| 7 | 22 | 2974 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 25 | 3382,9 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 28 | 3780 | 2086,73 | 2086,73 | 2086,73 |
| 10 | 32 | 4217,6 | 13258 | 13258 | 13258 |
| 11 | 34 | 4106,1 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 38 | 4098,8 | 1493,62 | 1493,62 | 1493,62 |
| 13 | 42 | 4825,7 | 4549,73 | 4549,73 | 4549,73 |
| 14 | 46 | 6156,7 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 47 | 6318,2 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 50 | 6527,5 | 752,13 | 752,13 | 752,13 |
| 17 | 52 | 6847,3 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 54 | 5213,1 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 56 | 5736,8 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 65 | 1238,1 | 8780,26 | 8780,26 | 4343,82 |
| 21 | 66 | 297,6 | 4142,69 | 4142,69 | 4142,69 |
| 22 | 68 | 1618,9 | 14001,8 | 13984,8 | 14540,7 |
| 23 | 79 | 7011,2 | 1837,12 | 1837,12 | 1837,12 |
| 24 | 83 | 6441,5 | 1889,86 | 1889,86 | 1889,86 |
| 25 | 87 | 6065,8 | 1689,91 | 1689,91 | 1689,91 |
| 26 | 91 | 7946,9 | 252,35 | 252,35 | 252,35 |
| 27 | 92 | 8127,3 | 1830,2 | 1830,2 | 1830,2 |
| 28 | 93 | 9372,9 | 8855,43 | 8855,43 | 8855,43 |
| 29 | 105 | 3056 | 3615,78 | 2868,77 | 2118,51 |
| 30 | 114 | 2961,9 | 9464,58 | 6715,96 | 2791,68 |
| 31 | 125 | 2524 | 7926,36 | 13420,4 | 11389,3 |
| 32 | 133 | 5759,7 | 0 | 0 | 0 |
| 33 | 144 | 1929 | 0 | 0 | 0 |
| 34 | 165 | 1785,4 | 3232,26 | 3232,26 | 3232,26 |
| 35 | 179 | 2135,4 | 4416,09 | 2025,59 | 796,16 |
| 36 | 191 | 2678,7 | 9807,17 | 9756,73 | 4989,1 |
| 37 | 286 | 5257,2 | 234,17 | 234,17 | 234,17 |
| 38 | 309 | 8561,6 | 904,02 | 904,02 | 0 |
| 39 | 315 | 4305,7 | 1122,58 | 1122,58 | 0 |
| 40 | 319 | 2774,7 | 3334,83 | 1653,73 | 538,59 |

Tabela E3: Alimentador 3 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 41 | 323 | 2742,8 | 5570,1 | 6599,06 | 5599,6 |
| 42 | 333 | 3024,3 | 6758,92 | 10543,4 | 5879,97 |
| 43 | 344 | 2899 | 0 | 0 | 0 |
| 44 | 378 | 3796,4 | 0 | 0 | 0 |
| 45 | 392 | 4698,5 | 0 | 0 | 0 |
| 46 | 417 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 47 | 421 | 6237,2 | 0 | 0 | 0 |
| 48 | 462 | 5482,9 | 0 | 0 | 0 |
| 49 | 496 | 4106,7 | 354,16 | 354,16 | 0 |

Tabela E4: Alimentador 4 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 4 | 587,3 | 8170,14 | 8170,14 | 8170,14 |
| 2 | 5 | 776,7 | 12351,8 | 12351,8 | 12351,8 |
| 3 | 6 | 1034,5 | 18455,2 | 18455,2 | 18455,2 |
| 4 | 11 | 964,3 | 28061,7 | 8193,48 | 1713,55 |
| 5 | 12 | 1104,5 | 42919,1 | 8279,11 | 5475,21 |
| 6 | 13 | 796,7 | 21968,8 | 21968,8 | 21968,8 |
| 7 | 14 | 941,6 | 5462,32 | 5462,32 | 5462,32 |
| 8 | 15 | 1067,7 | 8731,59 | 8731,59 | 8731,59 |
| 9 | 16 | 1668,7 | 37938,5 | 22141,1 | 18461,4 |
| 10 | 17 | 1332,3 | 42076,6 | 7094,65 | 3834,44 |
| 11 | 18 | 1366,9 | 24400,3 | 4605,82 | 1938,64 |
| 12 | 19 | 1566,7 | 31249 | 4401,88 | 1425,39 |
| 13 | 20 | 785,3 | 7926,29 | 7926,29 | 7926,29 |
| 14 | 21 | 814,5 | 17614,7 | 17614,7 | 13821,6 |
| 15 | 22 | 756,6 | 27350,2 | 14079,8 | 4637,35 |
| 16 | 23 | 431,8 | 27429,1 | 15009,5 | 8865,92 |
| 17 | 25 | 885,9 | 20156,9 | 9862,68 | 5223,75 |
| 18 | 26 | 874,7 | 16092 | 7879,93 | 2224,5 |
| 19 | 27 | 937,8 | 21872,1 | 4309,21 | 2777,53 |
| 20 | 28 | 1086,8 | 34997,8 | 18078,2 | 10430 |
| 21 | 29 | 597,4 | 1430,59 | 1430,59 | 1430,59 |
| 22 | 30 | 659,2 | 15845,5 | 15845,5 | 15845,5 |
| 23 | 33 | 2808,1 | 29728,3 | 7875,37 | 1118,65 |
| 24 | 37 | 2765,1 | 39210,9 | 30074,8 | 15917,4 |
| 25 | 39 | 2946,6 | 28122,5 | 7425,03 | 1573,21 |
| 26 | 40 | 3274,9 | 20497,1 | 14851,9 | 9777,31 |
| 27 | 41 | 3544,9 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 42 | 1306,5 | 25262,3 | 4280,81 | 2159,78 |

Tabela E4: Alimentador 4 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 29 | 43 | 1845,6 | 14646,3 | 18180,1 | 17388,5 |
| 30 | 44 | 2073,7 | 16034,1 | 13774,9 | 6045,3 |
| 31 | 45 | 2084,1 | 12453,9 | 14701,3 | 5717,88 |
| 32 | 57 | 3077,9 | 30304,8 | 5936,78 | 1473,75 |
| 33 | 59 | 1598,4 | 5576,66 | 5576,66 | 5576,66 |
| 34 | 117 | 2800,7 | 47166 | 13577,4 | 4462,45 |
| 35 | 118 | 2905 | 41933,1 | 11616,8 | 2111,29 |
| 36 | 119 | 3009,5 | 40153,5 | 9998,25 | 3855,65 |
| 37 | 122 | 3321,6 | 36702,5 | 5911,57 | 4243,27 |
| 38 | 123 | 3425,5 | 58467,6 | 11876,2 | 4737,23 |
| 39 | 124 | 3559,6 | 32347,4 | 5832,58 | 2222,31 |
| 40 | 125 | 3762,8 | 41254,7 | 7351 | 1707 |
| 41 | 126 | 3386,6 | 17754,2 | 3449,13 | 1436,88 |
| 42 | 127 | 3364,6 | 31030,1 | 6260,38 | 2058,51 |
| 43 | 128 | 1844,9 | 12843,5 | 12843,5 | 12843,5 |
| 44 | 130 | 1947,2 | 32820,2 | 5981,65 | 3104,42 |
| 45 | 131 | 1801,9 | 19677,9 | 10077,9 | 8358,61 |
| 46 | 138 | 2077,8 | 23632,9 | 7435,52 | 3023,33 |
| 47 | 143 | 2574,7 | 15327,8 | 13551 | 11164 |
| 48 | 147 | 2681,1 | 41918,3 | 11025,7 | 8223,86 |
| 49 | 149 | 3302,2 | 18301 | 5661,15 | 1951,93 |
| 50 | 150 | 3041,1 | 29111,9 | 8362,21 | 7178,17 |
| 51 | 151 | 1298,9 | 21530,2 | 19127,6 | 17513,6 |
| 52 | 152 | 1161,3 | 27420 | 5300,74 | 1657,55 |
| 53 | 158 | 4564,7 | 871,04 | 871,04 | 871,04 |
| 54 | 161 | 3668 | 692,84 | 692,84 | 400,88 |
| 55 | 163 | 3355,7 | 476,49 | 650,52 | 650,52 |
| 56 | 168 | 4082,2 | 1434,29 | 2769,98 | 2769,98 |
| 57 | 173 | 3408,7 | 1041,86 | 1041,86 | 0 |
| 58 | 175 | 3465,9 | 3438,86 | 3470,61 | 2030,73 |
| 59 | 176 | 2742 | 469,5 | 469,5 | 469,5 |
| 60 | 178 | 2966,5 | 4520,36 | 4520,36 | 0 |
| 61 | 188 | 1716,7 | 14268,4 | 16195,1 | 5364,47 |
| 62 | 191 | 8146,1 | 859,76 | 859,76 | 859,76 |
| 63 | 194 | 8658,5 | 968,32 | 968,32 | 968,32 |
| 64 | 196 | 9049,3 | 1412,69 | 1412,69 | 1412,69 |
| 65 | 198 | 9431,1 | 656,48 | 656,48 | 656,48 |
| 66 | 205 | 10210,5 | 2569,9 | 2569,9 | 0 |
| 67 | 213 | 7601,1 | 0 | 0 | 0 |
| 68 | 217 | 6672,3 | 1460,57 | 1460,57 | 1460,57 |

Tabela E4: Alimentador 4 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 69 | 220 | 7272,6 | 354,16 | 354,16 | 0 |
| 70 | 225 | 11166 | 3317,71 | 3317,71 | 1020,02 |
| 71 | 227 | 11992,6 | 0 | 0 | 0 |
| 72 | 228 | 10657,8 | 2312,21 | 2312,21 | 2312,21 |
| 73 | 230 | 9079,2 | 940,77 | 940,77 | 940,77 |
| 74 | 233 | 8645,3 | 2260,39 | 2260,39 | 0 |
| 75 | 235 | 8608,1 | 0 | 0 | 0 |
| 76 | 242 | 10035,5 | 1207,52 | 0 | 1207,52 |
| 77 | 245 | 9864,9 | 1160,99 | 1160,99 | 0 |
| 78 | 246 | 9742,5 | 2020,67 | 2020,67 | 0 |
| 79 | 248 | 10019,9 | 4130,81 | 4130,81 | 0 |
| 80 | 249 | 10227,7 | 4354,24 | 4354,24 | 0 |
| 81 | 251 | 2319,7 | 3068,03 | 3068,03 | 2012,5 |
| 82 | 253 | 2544,3 | 4291,62 | 4291,62 | 4291,62 |
| 83 | 255 | 3027,4 | 0 | 0 | 0 |
| 84 | 256 | 3740,3 | 976,94 | 976,94 | 976,94 |
| 85 | 283 | 9795,5 | 361,54 | 361,54 | 361,54 |
| 86 | 288 | 10696,7 | 1988,45 | 1988,45 | 0 |
| 87 | 292 | 2048,9 | 1123,18 | 1123,18 | 1123,18 |
| 88 | 294 | 2194,4 | 1096,35 | 1096,35 | 1096,35 |
| 89 | 296 | 2377,3 | 1844,96 | 1844,96 | 1844,96 |
| 90 | 301 | 2390,2 | 9205,94 | 9205,94 | 9205,94 |
| 91 | 304 | 2858,5 | 0 | 0 | 0 |
| 92 | 310 | 5265,2 | 8709,16 | 8709,16 | 8709,16 |
| 93 | 311 | 5520,3 | 751,55 | 751,55 | 751,55 |
| 94 | 313 | 6017,6 | 646,32 | 646,32 | 646,32 |
| 95 | 318 | 4988,9 | 454,62 | 454,62 | 454,62 |
| 96 | 321 | 4502,8 | 2826,82 | 2826,82 | 0 |
| 97 | 324 | 5532,6 | 3516,63 | 3600,84 | 84,21 |
| 98 | 325 | 4797,1 | 845 | 845 | 845 |
| 99 | 326 | 4889,7 | 736,59 | 736,59 | 736,59 |
| 100 | 328 | 5252,9 | 4836,42 | 4836,42 | 0 |
| 101 | 333 | 5617,5 | 2262,11 | 2262,11 | 0 |
| 102 | 341 | 1145 | 3661,73 | 3661,73 | 4607,7 |
| 103 | 343 | 79,8 | 572,84 | 572,84 | 0 |
| 104 | 349 | 2182 | 2021,46 | 1764,45 | 1646,79 |
| 105 | 356 | 7212,5 | 2333,31 | 4405,43 | 2458,44 |
| 106 | 357 | 7038,3 | 3580,57 | 3332,07 | 3580,57 |
| 107 | 362 | 6444,5 | 1677,84 | 1677,84 | 1597,4 |
| 108 | 363 | 6323,2 | 3620,37 | 4161,92 | 4161,92 |

Tabela E4: Alimentador 4 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 109 | 366 | 6447,2 | 3122,39 | 3913,73 | 2124,08 |
| 110 | 369 | 10128,2 | 354,16 | 354,16 | 0 |
| 111 | 384 | 3083,5 | 9428,08 | 9428,08 | 9428,08 |
| 112 | 389 | 2916,8 | 20986,7 | 2663,01 | 614,69 |
| 113 | 396 | 2912,3 | 7013,03 | 7013,03 | 7013,03 |
| 114 | 398 | 2957,4 | 3582,27 | 3582,27 | 3582,27 |
| 115 | 408 | 710,4 | 9145,69 | 9145,69 | 9145,69 |
| 116 | 412 | 1108,8 | 8647,56 | 8647,56 | 8647,56 |
| 117 | 420 | 6541,4 | 1440,27 | 2488,61 | 1240,69 |
| 118 | 423 | 851 | 0 | 0 | 0 |
| 119 | 424 | 2274,7 | 0 | 0 | 0 |
| 120 | 427 | 515,8 | 15561,7 | 15561,7 | 15561,7 |
| 121 | 429 | 3569,8 | 0 | 0 | 0 |
| 122 | 436 | 1246,2 | 5476,46 | 4628,32 | 1612,95 |
| 123 | 438 | 2923,6 | 54153,5 | 16223,4 | 10266,1 |
| 124 | 440 | 2848,6 | 25503,7 | 3681,64 | 1145,22 |
| 125 | 442 | 2827,6 | 25607 | 5640,44 | 2755,76 |
| 126 | 453 | 2006,7 | 15358,7 | 4789,22 | 3829,58 |
| 127 | 455 | 1946,7 | 33218,2 | 7711,91 | 5768,17 |
| 128 | 465 | 2551,2 | 27182,9 | 5502,4 | 2348,88 |
| 129 | 482 | 2145,3 | 0 | 0 | 0 |
| 130 | 489 | 2105,9 | 25021,3 | 23912,5 | 20305,3 |
| 131 | 491 | 2236 | 47105,6 | 12066,3 | 6645,55 |
| 132 | 493 | 2409,2 | 40094,4 | 11291,1 | 4382,9 |
| 133 | 495 | 2525,1 | 30563,5 | 25368 | 22138,5 |
| 134 | 573 | 2961,3 | 21742,4 | 4760,6 | 2514,99 |
| 135 | 604 | 2811,8 | 59304,7 | 19175,7 | 12001,1 |
| 136 | 606 | 2446,6 | 42450,1 | 14337,7 | 8814,27 |
| 137 | 609 | 1948,6 | 11415,6 | 11415,6 | 11415,6 |
| 138 | 619 | 2039,9 | 3968,39 | 4791,55 | 4360,21 |
| 139 | 628 | 1780,5 | 9288,47 | 10324,2 | 7228,49 |
| 140 | 630 | 1028,1 | 5235,12 | 5547,38 | 2317,13 |
| 141 | 632 | 2254,5 | 5944,49 | 5501,36 | 3404,02 |
| 142 | 645 | 1195,3 | 4618,71 | 5949,69 | 2279,21 |
| 143 | 647 | 1824,7 | 6135,54 | 2398,16 | 1372,45 |
| 144 | 649 | 2006,1 | 6692,68 | 5367,7 | 1980,4 |
| 145 | 651 | 1928,6 | 6772,78 | 2507,27 | 1716,15 |
| 146 | 653 | 2085,1 | 4170,84 | 3972,64 | 2596,9 |
| 147 | 655 | 2674,6 | 6223,69 | 5900,21 | 3388,54 |
| 148 | 657 | 2492,3 | 6128,75 | 6426,5 | 3417,99 |

Tabela E4: Alimentador 4 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 149 | 659 | 2609,2 | 7366,65 | 6682,72 | 4899,79 |
| 150 | 762 | 961,5 | 4500,36 | 5593,17 | 2238,19 |
| 151 | 764 | 1093,7 | 5971,66 | 7832,57 | 4242,92 |
| 152 | 766 | 1868 | 6044,19 | 3847,59 | 2481,93 |
| 153 | 938 | 1059,1 | 0 | 0 | 0 |
| 154 | 1164 | 2112 | 1919,05 | 1919,05 | 861,55 |
| 155 | 1167 | 3237 | 0 | 1024,36 | 1024,36 |
| 156 | 1172 | 2317,8 | 1598,63 | 1598,63 | 0 |
| 157 | 1176 | 7372,6 | 1771,92 | 1771,92 | 0 |
| 158 | 1187 | 3234 | 18731,4 | 8175,6 | 2525,12 |
| 159 | 1191 | 3326,5 | 15269,3 | 9999,06 | 5854,4 |
| 160 | 1195 | 2315 | 1213,13 | 1213,13 | 0 |
| 161 | 1198 | 2645,7 | 4375,65 | 4375,65 | 0 |
| 162 | 1208 | 2617,4 | 408,16 | 408,16 | 0 |
| 163 | 1215 | 907 | 0 | 0 | 0 |
| 164 | 1433 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 165 | 1443 | 605 | 0 | 0 | 0 |
| 166 | 1450 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabela E5: Alimentador 5 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 9 | 724,7 | 1787,23 | 1787,23 | 0 |
| 2 | 10 | 461,1 | 3788,39 | 3788,39 | 3788,39 |

Tabela E6: Alimentador 6 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 5 | 2685,4 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 6 | 2789,7 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 7 | 2865,6 | 12964,7 | 12964,7 | 1936,64 |
| 4 | 8 | 3454,8 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 10 | 3685,9 | 9766,54 | 9766,54 | 9062,28 |
| 6 | 14 | 5481,2 | 40252,6 | 40252,6 | 38749,2 |
| 7 | 19 | 6628,4 | 19821,2 | 19212,6 | 13781,3 |
| 8 | 20 | 6508,1 | 12586 | 12586 | 6320,33 |
| 9 | 23 | 7011,7 | 22189,2 | 13661,4 | 4202,66 |
| 10 | 24 | 5102,9 | 10541,7 | 12908,4 | 5447,88 |
| 11 | 27 | 6351,6 | 21606,7 | 18342,2 | 5636,73 |
| 12 | 28 | 6531,4 | 34301,2 | 17600,7 | 8910,76 |
| 13 | 29 | 6863,1 | 16644,3 | 8483,95 | 3392,63 |

Tabela E6: Alimentador 6 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 14 | 31 | 6584,7 | 19866,5 | 20662,8 | 4510,81 |
| 15 | 32 | 6688,4 | 28751,2 | 17613,2 | 8306,74 |
| 16 | 37 | 3721,3 | 1760,52 | 1760,52 | 1760,52 |
| 17 | 44 | 7379,9 | 6243,86 | 6243,86 | 6243,86 |
| 18 | 45 | 3047,6 | 4002,28 | 4002,28 | 0 |
| 19 | 49 | 2830 | 9197,19 | 9197,19 | 9197,19 |
| 20 | 54 | 2503,7 | 13183,3 | 13183,3 | 13183,3 |
| 21 | 61 | 2612,1 | 2083,86 | 2083,86 | 1451,74 |
| 22 | 80 | 2437 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 93 | 2859,7 | 42669,8 | 1060,87 | 2207,48 |
| 24 | 100 | 2952,3 | 25502,6 | 923,27 | 0 |
| 25 | 101 | 3052,7 | 24377,5 | 1077,33 | 810,71 |
| 26 | 103 | 3021,6 | 21588,1 | 894,9 | 0 |
| 27 | 106 | 2720,2 | 347,81 | 347,81 | 347,81 |
| 28 | 108 | 3841,7 | 6813,73 | 10740,8 | 9155,08 |
| 29 | 109 | 3984,6 | 8867,87 | 13134,7 | 8848,37 |
| 30 | 112 | 5977,8 | 15038,8 | 15083,5 | 11909,6 |
| 31 | 115 | 2010,5 | 1967,63 | 1967,63 | 1967,63 |
| 32 | 118 | 1488,3 | 3787,92 | 3787,92 | 1626,93 |
| 33 | 119 | 1122,5 | 2038,69 | 2038,69 | 2038,69 |
| 34 | 121 | 1689,8 | 1816,67 | 1816,67 | 1816,67 |
| 35 | 122 | 1581,1 | 2133,49 | 2133,49 | 2133,49 |
| 36 | 124 | 5144,6 | 353,55 | 353,55 | 353,55 |
| 37 | 128 | 5631,3 | 11589,4 | 9179,81 | 5104,13 |
| 38 | 130 | 5616,7 | 0 | 0 | 0 |
| 39 | 132 | 5430,5 | 0 | 0 | 0 |
| 40 | 137 | 5102,9 | 5612,75 | 5612,75 | 5612,75 |
| 41 | 142 | 5679,4 | 15937,4 | 5644,61 | 2124,87 |
| 42 | 145 | 6017,7 | 11216 | 11216 | 11216 |
| 43 | 149 | 6027,2 | 9674,37 | 9674,37 | 9674,37 |
| 44 | 151 | 5928,3 | 0 | 0 | 0 |
| 45 | 153 | 5808,6 | 0 | 0 | 0 |
| 46 | 155 | 4893,3 | 10991,2 | 12682,4 | 9370,13 |
| 47 | 157 | 5015,1 | 9793,51 | 12101 | 7116,83 |
| 48 | 159 | 4193 | 160,84 | 160,84 | 160,84 |
| 49 | 161 | 4066,3 | 8287,8 | 8287,8 | 8287,8 |
| 50 | 163 | 3956 | 1228,73 | 1228,73 | 1228,73 |
| 51 | 167 | 4121,3 | 10399,2 | 11191,6 | 5134,78 |
| 52 | 169 | 4233,3 | 8919,11 | 12999,4 | 6508,83 |
| 53 | 171 | 4345,1 | 12001,3 | 11102,7 | 4821,49 |

Tabela E6: Alimentador 6 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 54 | 173 | 4458,5 | 7643,34 | 9488,07 | 5178,09 |
| 55 | 176 | 4857,8 | 3387,35 | 4851,71 | 1464,36 |
| 56 | 178 | 4918,2 | 6999,27 | 7644,28 | 1574,52 |
| 57 | 181 | 4776,5 | 6163,25 | 6893,04 | 3880,93 |
| 58 | 183 | 4862,9 | 10884,9 | 10884,9 | 10884,9 |
| 59 | 186 | 5259,6 | 0 | 0 | 0 |
| 60 | 189 | 5233,2 | 0 | 0 | 0 |
| 61 | 192 | 5509,5 | 0 | 0 | 0 |
| 62 | 193 | 5394,7 | 0 | 0 | 0 |
| 63 | 199 | 4709,7 | 475,24 | 750,45 | 275,21 |
| 64 | 202 | 5870,4 | 2825,33 | 2825,33 | 2825,33 |
| 65 | 203 | 5928,5 | 10582,7 | 10582,7 | 10582,7 |
| 66 | 205 | 6274,4 | 5208,21 | 5208,21 | 5208,21 |
| 67 | 208 | 5537 | 10455,3 | 10455,3 | 10297,7 |
| 68 | 210 | 5658,2 | 14123 | 15440,5 | 10574,4 |
| 69 | 211 | 5259 | 0 | 0 | 0 |
| 70 | 212 | 5134,5 | 2310,58 | 2310,58 | 2310,58 |
| 71 | 222 | 2509,7 | 0 | 0 | 469,98 |
| 72 | 225 | 3489 | 0 | 0 | 0 |
| 73 | 264 | 5025,4 | 0 | 0 | 0 |
| 74 | 266 | 5199,2 | 21689,6 | 22833,1 | 10906 |
| 75 | 268 | 5554,1 | 13992,8 | 14061,5 | 14707,3 |
| 76 | 316 | 4510,5 | 25099,8 | 25099,8 | 25099,8 |
| 77 | 320 | 4209 | 0 | 0 | 0 |
| 78 | 322 | 3996,6 | 21601,5 | 21601,5 | 20973,2 |
| 79 | 330 | 4332,8 | 19326,5 | 19326,5 | 19326,5 |
| 80 | 332 | 5976,9 | 23090,8 | 23090,8 | 22671,3 |
| 81 | 333 | 5888,1 | 23539,9 | 23539,9 | 23539,9 |
| 82 | 334 | 6057 | 18092,7 | 18092,7 | 18092,7 |
| 83 | 337 | 5655,4 | 28530,2 | 28530,2 | 27230,3 |
| 84 | 339 | 5819,3 | 20591,8 | 20591,8 | 19116,7 |
| 85 | 357 | 4240,8 | 10146,5 | 11081,1 | 4374,94 |
| 86 | 359 | 4059,1 | 19369,3 | 20117,9 | 17483 |
| 87 | 361 | 3870,8 | 0 | 0 | 0 |
| 88 | 363 | 3917,2 | 3817,16 | 3817,16 | 3817,16 |
| 89 | 366 | 4299,6 | 5970,96 | 7768,58 | 7768,58 |
| 90 | 368 | 6612,1 | 27424,3 | 25303,5 | 9905,39 |
| 91 | 370 | 6784,3 | 17365,2 | 15133,6 | 11334,5 |
| 92 | 386 | 4058,6 | 4081,15 | 4081,15 | 4081,15 |
| 93 | 400 | 3903,3 | 351,26 | 351,26 | 351,26 |

Tabela E6: Alimentador 6 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 94 | 441 | 5323 | 31894,2 | 33217,8 | 21717,2 |
| 95 | 454 | 5398,1 | 7845,59 | 7845,59 | 7845,59 |
| 96 | 457 | 5583,8 | 24783,6 | 24614,3 | 10186,9 |
| 97 | 462 | 5703,6 | 33950,8 | 31471,4 | 19642,6 |
| 98 | 464 | 5777,9 | 2688,14 | 2688,14 | 2413,81 |
| 99 | 466 | 5924,7 | 18799,7 | 18799,7 | 18799,7 |
| 100 | 477 | 6300,5 | 33848,9 | 23494,9 | 18033,2 |
| 101 | 479 | 5876,6 | 16910,5 | 16910,5 | 14828,7 |
| 102 | 481 | 5863,8 | 23614,8 | 23614,8 | 11743 |
| 103 | 483 | 5454,6 | 0 | 0 | 0 |
| 104 | 497 | 5832,4 | 8160,94 | 8160,94 | 7077,72 |
| 105 | 499 | 5786,7 | 14123,8 | 14123,8 | 14123,8 |
| 106 | 508 | 5674,9 | 21164,7 | 12773,8 | 7830,11 |
| 107 | 518 | 5687,6 | 24526,8 | 13679,6 | 9493,81 |
| 108 | 520 | 6164,8 | 18625,1 | 18890 | 4848,89 |
| 109 | 550 | 0 | 17950,2 | 14968,9 | 1355,8 |
| 110 | 552 | 6252,9 | 26606,5 | 11243 | 3031,92 |
| 111 | 554 | 6129,1 | 24489,8 | 15738,9 | 3829,96 |
| 112 | 576 | 6310,2 | 8122,13 | 8122,13 | 8122,13 |
| 113 | 583 | 6549,8 | 23227,8 | 15036,7 | 7197,84 |
| 114 | 585 | 6204,7 | 16619,9 | 16021 | 6804,45 |
| 115 | 606 | 5841 | 6114,61 | 6871,52 | 6871,52 |
| 116 | 608 | 6022,2 | 0 | 0 | 0 |
| 117 | 632 | 5937,3 | 18604,2 | 11176 | 11172,4 |
| 118 | 633 | 6144 | 11909,5 | 12555,3 | 2593,31 |
| 119 | 634 | 6127,9 | 13908,7 | 15296,7 | 4861,13 |
| 120 | 641 | 6223,2 | 0 | 0 | 0 |
| 121 | 654 | 5805,9 | 16845,4 | 16845,4 | 16845,4 |
| 122 | 673 | 5513,6 | 1397,03 | 1397,03 | 1397,03 |
| 123 | 678 | 4552,6 | 4784,61 | 5758,16 | 5758,16 |
| 124 | 716 | 3269,9 | 4751,92 | 5491,79 | 739,87 |
| 125 | 721 | 3404,5 | 2844,46 | 3138,64 | 294,18 |
| 126 | 732 | 3594,3 | 0 | 0 | 0 |
| 127 | 751 | 3057 | 0 | 701,92 | 701,92 |
| 128 | 768 | 2848,9 | 0 | 0 | 0 |
| 129 | 769 | 3560,6 | 6512,79 | 7219,66 | 2558,5 |
| 130 | 774 | 3724,5 | 3200,58 | 3614,41 | 827,66 |
| 131 | 776 | 2930,4 | 6949,83 | 7457,43 | 2311,86 |
| 132 | 778 | 3271,5 | 6067,53 | 7383,47 | 5051,02 |
| 133 | 780 | 3225,1 | 2396,31 | 3315,83 | 2637,92 |

Tabela E6: Alimentador 6 da Subestação 5

| Trafo | Bi_trafo | Dist_SE | Pa[W] | Pb[W] | Pc[W] |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 134 | 784 | 6402,4 | 0 | 0 | 0 |
| 135 | 796 | 6824,3 | 3002,74 | 3002,74 | 3002,74 |
| 136 | 798 | 4080,7 | 2356,81 | 2356,81 | 2356,81 |
| 137 | 804 | 5947,5 | 411,94 | 411,94 | 411,94 |
| 138 | 825 | 3660,1 | 0 | 0 | 0 |
| 139 | 912 | 4287,2 | 2968,83 | 2968,83 | 2968,83 |
| 140 | 1078 | 5360 | 2288,28 | 2288,28 | 2288,28 |
| 141 | 1116 | 4075,1 | 0 | 0 | 0 |
| 142 | 1120 | 6484,7 | 0 | 0 | 0 |
| 143 | 1122 | 2835,2 | 0 | 0 | 0 |
| 144 | 1127 | 5427,6 | 0 | 0 | 0 |
| 145 | 1130 | 3868,1 | 0 | 0 | 0 |
| 146 | 1151 | 3416,1 | 0 | 0 | 0 |
| 147 | 1164 | 3429,4 | 411,94 | 411,94 | 411,94 |
| 148 | 1166 | 5642,5 | 0 | 0 | 0 |
| 149 | 1184 | 4021,8 | 12694,9 | 12694,9 | 12694,9 |
| 150 | 1224 | 5642,8 | 3834,39 | 3834,39 | 3834,39 |
| 151 | 1239 | 3927,2 | 9328,71 | 9328,71 | 9328,71 |
| 152 | 1255 | 6696 | 0 | 0 | 0 |
| 153 | 1270 | 5312,7 | 2325,86 | 2325,86 | 2325,86 |
| 154 | 1285 | 6313,8 | 0 | 0 | 0 |
| 155 | 1295 | 5751,5 | 0 | 0 | 0 |
| 156 | 1300 | 5853,8 | 0 | 0 | 0 |
| 157 | 1304 | 6067,2 | 0 | 0 | 0 |
| 158 | 1309 | 5952,9 | 0 | 0 | 0 |
| 159 | 1312 | 6141,3 | 0 | 0 | 0 |
| 160 | 1314 | 6078,4 | 0 | 0 | 0 |
| 161 | 1317 | 5978,9 | 0 | 0 | 0 |
| 162 | 1321 | 5841,8 | 0 | 0 | 0 |

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)