

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

TRATAMENTO COMPUTACIONAL DA TOPOLOGIA DE
GRANDES REDES ELÉTRICAS

Daniel Stevens Torres Cárdenas

Março/2011

DANIEL STEVENS TORRES CÁRDENAS

TRATAMENTO COMPUTACIONAL DA TOPOLOGIA DE
GRANDES REDES ELÉTRICAS

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre, Área de concentração: Computação Científica e Sistemas de Potência.

Orientadores:

Prof. Marcus Theodor Schilling, D. Sc.

Profa. Tatiana Mariano Lessa de Assis, D. Sc.

Niterói, RJ - Brasil
2011

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF

T693 Torres Cárdenas, Daniel Stevens.
Tratamento computacional da topologia de grandes redes elétricas
/ Daniel Stevens Torres Cárdenas. – Niterói, RJ : [s.n.], 2011.
127 f.

Dissertação (Mestrado em Computação) - Universidade Federal
Fluminense, 2011.

Orientadores: Marcus Theodor Schilling, Tatiana Mariano Lessa
de Assis.

1. Sistemas de potência. 2. Rede elétrica. 3. Mineração de dados.
4. Grafo. 5. Curto-circuito. 6. Topologia. I. Título.

CDD 621.3191

DANIEL STEVENS TORRES CÁRDENAS

**TRATAMENTO COMPUTACIONAL DA TOPOLOGIA DE GRANDES REDES
ELÉTRICAS**

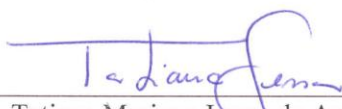
Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre, Área de concentração: Aplicações (Computação em Potência).

Aprovada em 04 de março de 2011.

BANCA EXAMINADORA




Prof. Marcus Theodor Schilling, D. Sc. - Orientador
UFF – Universidade Federal Fluminense



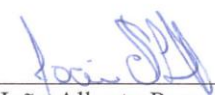
Profa. Tatiana Mariano Lessa de Assis, D. Sc. - Orientadora
UFF – Universidade Federal Fluminense



Prof. Julio Cesar Stacchini de Souza, D. Sc.
UFF – Universidade Federal Fluminense



Prof. Sergio Gomes Junior, D. Sc.
UFF – Universidade Federal Fluminense /
CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica



Prof. João Alberto Passos Filho, D. Sc.
UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora

“Dios, dame serenidad para aceptar los problemas que no puedo resolver; persistencia para resolver los problemas que puedo; y sabiduría para saber diferenciarlos.”

“Deus, dê-me serenidade para aceitar os problemas que não posso resolver; persistência para resolver os problemas que eu posso; e sabedoria para saber diferenciá-los.”

“God grant me the serenity to accept the problems I cannot solve; the persistence to solve the problems that I can; and the wisdom to know the difference.”

Reinhold Niebuhr

*Dedico esta Dissertação de
Mestrado aos meus queridos pais e
irmãos, pelo apoio incondicional
outorgado e pelo incentivo na
minha superação pessoal.*

AGRADECIMENTOS

Principalmente a Deus por ter me dado capacidade, paciência e perseverança suficientes para concluir este trabalho.

Agradeço aos meus pais Daniel e Lidia por todo o amor, apoio e carinho que têm me incentivado a terminar esta jornada; aos meus irmãos Jonathan e Hans, pela amizade que me dá as forças necessárias para continuar melhorando.

Um agradecimento muito especial aos meus orientadores: Marcus e Tatiana, pela orientação, dedicação e ensinamentos dados; sem mencionar a preocupação que sempre demonstraram ter comigo. Não posso deixar de citar também o quanto sua paciência sempre me surpreendeu e o quanto sua gentileza sempre me motivou.

Agradeço a Johnny pelo grande apoio oferecido desde o primeiro dia em que cheguei à cidade de Niterói. Agradeço aos amigos com quem dividi residência: Emanuel, Warley (Toca), Rafael (Guto), Rafael (Nardi). Agradeço pelo acolhimento e convivência agradável da senhora Zenilda, do Senhor Vanderley e família; dos quais recebi o amor familiar que deixei no meu país.

Dentre os amigos que fiz na UFF, agradeço principalmente àqueles que são hoje como irmãos para mim: meu grande amigo Allison, parceiro desde os primeiros momentos na UFF, Yuri Ferreira, o cara prestativo e amável; e Marcelo Pinheiro, que embora tenha passado pouco tempo no IC, deixou uma grande amizade durante a sua estadia.

Agradeço a todos os amigos e colegas que eu encontrei na UFF. Correndo o risco de cometer injustiças, cito aqueles com quem tive maior contato: Juliano, amigo de grandes valores morais; Henrique Bueno; Carlos; Janine, sempre prestativa; Stênio Sã; e Jaques, amigo sinônimo de perseverança.

Agradeço as pessoas que apesar de ter conhecido recentemente as considero especiais na minha vida: Carolina Oliveira, pelo grande apoio emocional e espiritual; Adriana, amiga inseparável que sempre me ofereceu grande ajuda; Célia, pelo grande acolhimento oferecido; e Livia, pela grande amizade oferecida.

Agradeço também o incentivo prestado pelos Eng. Ricardo Penido Dutt-Ross (CEPEL), Dr. João Clávio Salari Filho (CEPEL), Dr. Sergio Porto Romero (CEPEL), Dr. Gilberto Pires de Azevedo (CEPEL), Dr. Marcelos G. dos Santos (ONS), Eng. Flávio F. Pazo Blanco (ONS).

Os nomes citados aqui tornaram possível, em maior ou menor escala, a conclusão de mais essa etapa de minha vida, mas agradeço também a todos aqueles que por eventual esquecimento não foram mencionados.

Nota: A elaboração desta Dissertação foi viabilizada graças ao suporte financeiro do CEPEL (Centro de Pesquisas de Engenharia Elétrica). Registra-se ainda o apoio do ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e INERGE (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Energia Elétrica).

* * *

Resumo da Dissertação apresentada ao Instituto de Computação da Universidade Federal Fluminense – UFF como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências (M. Sc.).

TRATAMENTO COMPUTACIONAL DA TOPOLOGIA DE GRANDES REDES ELÉTRICAS

Daniel Stevens Torres Cárdenas

Março, 2011

Orientadores:

Prof. Marcus Theodor Schilling, D. Sc.

Profa. Tatiana Mariano Lessa de Assis, D. Sc.

Esta Dissertação descreve a concepção de um novo aplicativo computacional (*Anatopo*) composto por diversos módulos, visando a identificação, diagnóstico e vários tipos de tratamento de configurações topológicas representativas de sistemas de potência descritos por grafos. Tais grafos são definidos por listas de nós (*e.g.* subestações ou barras), ramos longitudinais (*e.g.* linhas de transmissão, transformadores, elementos série) e transversais (*e.g.* cargas, injeções, capacitores e reatores em derivação). O utilitário proposto é útil para operações de pré-processamento de estudos convencionais de fluxo de potência, fluxo de potência ótimo, curto-circuito, confiabilidade, estimação de estado, estabilidade, ou para a avaliação de propriedades estruturais inerentes à topologia de redes.

Palavras-chave: *Circuito, curto-circuito, fluxo de potência, grafo, mineração de dados, rede, sistema de potência, topologia.*

* * *

Summary of the Dissertation presented to the Institute of Computation of the Fluminense Federal University – UFF to fulfill the necessary requirements to obtain the Degree of Master in Sciences (M. Sc.).

COMPUTER BASED TOPOLOGICAL ANALYSIS OF LARGE SCALE ELECTRICAL NETWORKS

Daniel Stevens Torres Cárdenas

March, 2011

Advisors:

Prof. Marcus Theodor Schilling, D. Sc.

Profa. Tatiana Mariano Lessa de Assis, D. Sc.

This Dissertation describes the design of a new computer application (*Anatopo*) composed of several modules, for the identification, diagnosis and treatment of various types of problems associated with power systems described by graphs. These graphs are defined by lists of nodes (*e.g.* substations or busses), longitudinal branches (*e.g.* transmission lines, transformers, series elements) and shunts (*e.g.* loads, injections, capacitors and reactors). The proposed computer program is useful for pre-processing of conventional power flow studies, optimal power flow, short circuit, reliability, state estimation, stability, or for the evaluation of inherent structural properties of the topology of networks.

Key-words: *Circuit, short circuit, power flow, graph, data mining, network, power system, topology.*

* * *

ANAFAS	- Programa de Análise de Falhas Simultâneas
ANAREDE	- Programa de Análise de Redes Elétricas
ANATOPO	- Programa Analisador de Topologias de Redes Elétricas
CA	- Corrente Alternada
CC	- Corrente Contínua
CCT	- Método de Identificação de Conectividade Coerente de Tensões
CEPEL	- Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CFG	- Grafo de Controle de Fluxos (<i>Control Flow Graphs</i>)
CIM	- Modelo de Informação Comum (<i>Common Information Model</i>)
CIO	- Método de Identificação via Código Intrínseco Opcional da Lista Investigada
CNB	- Método de Identificação via Caracteres do Nome da Barra
DB	- Método de Identificação via Dicionário de Barras
EPE	- Empresa de Pesquisa Energética
FACTS	- Sistemas Flexíveis de Transmissão de Corrente Alternada (<i>Flexible Alternate Current Transmission Systems</i>)
HI	- Método de Identificação Híbrida Inteligente
ONS	- Operador Nacional do Sistema Elétrico
SIN	- Sistema Interligado Nacional

Agradecimentos.....	vii
Resumo.....	ix
Abstract.....	x
Glossário.....	xi
Lista de Figuras.....	xiv
Lista de Tabelas.....	xv
Capítulo I - Introdução	1
1.1 - Considerações Preliminares	1
1.2 - Objetivo	3
1.3 - Conceitos Básicos.....	3
1.4 - Estrutura da Dissertação	5
1.5- Publicações.....	6
Capítulo II - Proposição Conceitual.....	7
2.1 - Introdução.....	7
2.2 - Dados de Entrada.....	7
2.3 - Modularidade.....	8
2.4 - Identificação, Estatística e Diagnose	9
2.5 - Ordenação dos Códigos de Barras	14
2.6 - Renumeração Simples	15
2.7 - Comparador.....	17
2.8 - Renumerador Duplo	18
2.9 - Manipulação de Áreas	19
2.10 - Cálculo de Métricas	20
2.11 - Ajuste de Ponto de Operação	20
2.12 - Módulo Matricial	21
2.13 - Módulo Equivalentador	21
2.14 - Relacionamento e Renomeação Nodal	21
2.15 - Configurador	22
2.16 - Sumário.....	22
Capítulo III - Implementação Computacional	23
3.1 - Introdução.....	23
3.2 - Protótipo Computacional Anatopo (Versão 1.0).....	23
3.3 - Arquivos de Entrada.....	27
3.4 - Módulos Funcionais de Processamento.....	31
3.4.1 - Identificação Estatística e Diagnose.....	31
3.4.2 - Ordenador.....	44
3.4.3 - Renumerador Simples.....	45
3.4.4 - Comparador.....	49
3.4.5 - Renumerador Duplo.....	50
3.4.6 - Relacionador e Renumerador Nodal.....	51

3.5 - Arquivos de Saída.....	51
3.6 - Sumário.....	52
Capítulo IV - Aplicação e Resultados	53
4.1 - Introdução	53
4.2 - Relação de Experimentos	53
4.3 - Sistemas-Teste Utilizados.....	54
4.4 - Resultados dos Experimentos.....	58
A - Experimento 1: Identificar Tensões.....	58
B - Experimento 2: Obter a Estrutura Topológica.....	68
C - Experimento 3: Ordenação Nodal.....	79
D - Experimento 4: Renumeração Nodal Simples.....	81
E - Experimento 5: Comparar duas Topologias.....	84
F - Experimento 6: Renumerar duas Topologias.....	87
G - Experimento 7: Relacionar e Renomear Barras.....	89
4.5 - Sumário	90
Capítulo V - Conclusões	91
5.1 - Retrospectiva	91
5.2 - Complementação Futura.....	92
Referências Bibliográficas	93
Apêndice A Sistemas-Teste.....	95
Apêndice B Manual de Usuário.....	108
Apêndice C Funções e Sub-rotinas do <i>Anatopo</i>.....	123
Apêndice D Estrutura do CD.....	127

* * *

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Estrutura Computacional Completa.....	9
Figura 2.2 - Formas de Identificação Topológica.....	10
Figura 2.3 - Métodos de Identificação do Nível de Tensão.....	12
Figura 3.1 - Estrutura geral da Ferramenta Computacional.....	24
Figura 3.2 - Grafo do Fluxo de Controle da Ferramenta Computacional.....	26
Figura 3.3 - Módulos do Protótipo Computacional <i>Anatopo (versão 1.0)</i>	31
Figura 3.4 - Divisão da Rede Elétrica por Ilhas (Sistemas Isolados).....	32
Figura 3.5 - Distribuição dos Barramentos agrupados por Ilhas.....	32
Figura 3.6 - Fluxograma Identificação via Caracteres do Nome da Barra.....	35
Figura 3.7 - Pseudocódigo da Identificação via Caracteres do Nome da Barra.....	36
Figura 3.8 - Lista de Barras identificadas pelo nome.....	37
Figura 3.9 - Fluxograma Identificação via Dicionário de Barras.....	37
Figura 3.10 - Fluxograma Identificação via Código Intrínseco Opcional.....	39
Figura 3.11 - Fluxograma Identificação via Conectividade Coerente de Tensões.....	38
Figura 3.12 - Pseudocódigo da Identificação via Conectividade Coerente de Tensões.....	41
Figura 3.13 - Fluxograma Identificação Híbrida Inteligente.....	44
Figura 3.14 - Algoritmo do Método de Ordenação <i>Quicksort</i>	45
Figura 3.15 - Fluxograma Renumeração Sequencial Simples.....	46
Figura 3.16 - Renumeração Simples (Hierárquica de Agregados).....	47
Figura 3.17 - Fluxograma Renumeração Simples (Hierárquica de Agregados).....	48
Figura 3.18 - Fluxograma Módulo Comparador.....	49
Figura 4.1 - Sistema-Teste Fictício de 15 Barras.....	55
Figura 4.2 - Grafo Representativo do Sistema-Teste Fictício de 15 Barras.....	55
Figura 4.3 - Sistema-Teste Fictício de 33 Barras.....	56
Figura 4.4 - Grafo Representativo do Sistema-Teste Fictício de 33 Barras.....	56
Figura 4.5 - Sistema-Teste Fictício de 58 Barras.....	57
Figura 4.6 - Grafo Representativo do Sistema-Teste Fictício de 58 Barras.....	57
Figura 4.7 - Conectividade da Barra 538 do Sistema-Teste 4.....	61
Figura 4.8 - Conectividade da Barra 178 do Sistema-Teste 8.....	61
Figura 4.9 - Grafo Representativo do Sistema-Teste Fictício de 48 Barras.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Tipos de Ramos Incidentes em um Nó.....	11
Tabela 2.2 - Diagnoses Inicial e Final de Áreas.....	19
Tabela 2.3 - Tradutor de Barras Representativas de um Mesmo Sistema.....	22
Tabela 3.1 - Descrições dos Nós do CFG.....	26
Tabela 3.2 - Comandos utilizados do Programa <i>Anarede</i>	28
Tabela 3.3 - Comandos utilizados do Programa <i>Anafas</i>	29
Tabela 3.4 - Comandos Utilizados no Dicionário de Barras.....	30
Tabela 3.5 - Tensões Típicas de Registro usadas em Estudos de Planejamento.....	34
Tabela 3.6 - Tensões Atípicas usadas em Estudos de Planejamento do SIN.....	34
Tabela 3.7 - Exemplificação das Regras da Metodologia Híbrida Inteligente.....	43
Tabela 4.1 - Relação de Experimentos.....	53
Tabela 4.2 - Informações sobre os Sistemas-Teste.....	54
Tabela 4.3 - Contabilizações Topológicas dos Sistemas-Teste.....	58
Tabela 4.4 - Discriminação da Quantidade de Barras por Grau de Radialidade.....	59
Tabela 4.5 - Barras com Maior Grau de Radialidade.....	60
Tabela 4.6 - Discriminação da Quantidade de Barras por Nível de Tensão.....	62
Tabela 4.7 - Quantidade de Malhas Não Singulares por Nível de Tensão.....	63
Tabela 4.8 - Barras Sementes Sugeridas.....	64
Tabela 4.9 - Resultados do Experimento 2.1 (CNB).....	68
Tabela 4.10 - Erros do Sistema-Teste 1 do Experimento 2.1 (CNB).....	69
Tabela 4.11 - Erros do Sistema-Teste 3 do Experimento 2.1 (CNB).....	69
Tabela 4.12 - Resultados do Experimento 2.2 (CIO).....	70
Tabela 4.13 - Erros do Sistema-Teste 3 do Experimento 2.2 (CIO).....	70
Tabela 4.14 - Resultados do Experimento 2.3 (CNB e CIO).....	71
Tabela 4.15 - Desempenho da Metodologia CNB + CIO.....	71
Tabela 4.16 - Erros do Sistema-Teste 3 do Experimento 2.3 (Metodologias CNB e CIO)..	72
Tabela 4.17 - Resumo do Experimento 2	72
Tabela 4.18 - Resultados do Experimento 2.4.1 (Metodologia CCT).....	73
Tabela 4.19 - Quantificação de Barras Sementes do Experimento 2.4.1 (CCT).....	73

Tabela 4.20 - Resultados do Experimento 2.4.2 (CCT).....	74
Tabela 4.21 - Erros do Sistema-Teste 1 do Experimento 2.4.2 (CCT).....	74
Tabela 4.22 - Resultados do Experimento 2.4.3 (CCT).....	75
Tabela 4.23 - Desempenho da Metodologia CCT (2.4.3).....	76
Tabela 4.24 - Resultados do Experimento 2.5.1 (CCT).....	76
Tabela 4.25 - Resultados do Experimento 2.5.2 (CNB+CIO com prioridade).....	77
Tabela 4.26 - Resultados do Experimento 2.5.3 (CCT+DB).....	77
Tabela 4.27 - Desempenho da Metodologia CCT (2.4.3).....	78
Tabela 4.28 - Ordenação Simples do Sistema-Teste 2.....	79
Tabela 4.29 - Ordenação Qualificada – Nível de Tensão Crescente.....	80
Tabela 4.30 - Ordenação Qualificada – Nível de Tensão e Área Crescente.....	80
Tabela 4.31 - Ordenação Qualificada – Região e Estado.....	80
Tabela 4.32 - Ordenação Qualificada – Região, Área e Estado Decrescente.....	81
Tabela 4.33 - Operação de Batismo do Sistema-Teste 2.....	82
Tabela 4.34 - Exemplo 1 da Renumeração Sequencial Simples do Sistema-Teste 2.....	82
Tabela 4.35 - Exemplo 2 da Renumeração Sequencial Simples do Sistema-Teste 2.....	82
Tabela 4.36 - Renumeração Aleatória do Sistema-Teste 2.....	83
Tabela 4.37 - Renumeração por Hierarquia do Sistema-Teste 2.....	86
Tabela 4.38 - Comparação Nodal Sistema-Teste 1 e 12.....	86
Tabela 4.39 - Comparação Ramal Sistema-Teste 1 e 12.....	86
Tabela 4.40 - Comparação Radial Sistema-Teste 1 e 12.....	87
Tabela 4.41 - Renumeração Dupla Sistema-Teste 1 e 12.....	88
Tabela 4.42 - Renomeação dos Sistema-Teste 1 e 12.....	89

* * *

1.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

Usualmente, o porte de um sistema elétrico de potência é caracterizado pelo número de nós e suas conexões que integram a rede de tal sistema. Os problemas que envolvem sistemas de potência crescem em complexidade com o porte dos mesmos, muitas vezes exigindo um aprofundamento do grau de conhecimento dos fenômenos que afetam seu funcionamento.

Tradicionalmente, os principais esforços na análise de sistemas de potência têm se concentrado no desenvolvimento de algoritmos e no aperfeiçoamento de modelos computacionais. Entretanto, um aspecto usualmente relegado a plano secundário situa-se no tratamento dos dados de entrada e dos resultados oriundos das análises realizadas. Ocorre porém que, tanto a modelagem quanto as técnicas de simulação, já alcançaram um grau bastante satisfatório de atendimento às necessidades mais mezinhas do usuário típico. Por outro lado, cabe lembrar que, independente da precisão de modelos e algoritmos, a qualidade dos resultados obtidos é diretamente influenciada pelo grau de representatividade e coerência dos dados de entrada. Neste contexto vale, portanto, o aforismo: *“imprecisão na entrada, erro na saída”*.

Além disso, observa-se que o crescimento natural dos sistemas de potência reflete-se no conseqüente aumento do conjunto de dados necessários para as análises tradicionais, mormente aqueles representativos da topologia dos sistemas (nós e ramos). Por exemplo, no caso do sistema brasileiro, foi recentemente identificada (situação em 2009) a urgente necessidade de expansão do número total de subestações. Nessa circunstância, tomando-se como referência os utilitários computacionais mais usados no setor elétrico brasileiro, foi necessário aumentar a capacidade de endereçamento das barras, permitindo-se a atribuição

de códigos de identificação no intervalo inteiro $[1, 99998]$. A faixa de codificação anteriormente permitida era restrita ao intervalo $[1, 9998]$ ¹.

Outra questão de interesse refere-se aos agrupamentos de um determinado conjunto de nós sob a denominação genérica de área elétrica. Ocorre que cada nó tem vários atributos de interesse (*e.g.* empresa proprietária, nível de tensão, região, etc.), gerando então dois problemas, quais sejam: **(i)** a conveniente agregação por classes de atributos; e **(ii)** a posterior identificação dos ramos de interligação entre as diversas áreas definidas pelos atributos usados. Dentro dos atributos inerentes aos nós, convém mencionar a relevância do nível de tensão, o qual, como principal discriminador é utilizado para diferenciar agrupamentos de grande importância na representação topológica da rede elétrica. Percebendo-se assim o papel relevante que a obtenção real deste atributo cumpre.

Frequentemente, deseja-se analisar um sistema à luz de diferentes atributos de área, gerando assim a necessidade de manipulações das diversas áreas, incluindo operações de fusão e extração de conjuntos específicos de nós. O aumento do número de nós reflete-se naturalmente no aumento do número de áreas, também dificultando a manipulação direta das mesmas.

Portanto, o crescimento do sistema praticamente inviabiliza um eventual tratamento manual, com base em inspeção visual por parte do usuário. Isso já é particularmente verdadeiro no caso do sistema elétrico brasileiro hoje existente. Assim sendo, justifica-se plenamente explorar as oportunidades de aperfeiçoamento identificáveis para o tratamento automático de grandes conjuntos dados de entrada e os respectivos resultados dos processamentos computacionais. A manipulação de conjuntos extensos de dados de naturezas diversas, envolvendo a presença de erros, lacunas, incertezas e incongruências, invoca o uso de técnicas computacionais avançadas de mineração de dados, tais como as sugeridas em [6].

Pari passu com o crescimento dos sistemas, aumenta também a necessidade de prover maior grau de segurança estrutural aos mesmos. Esse tipo de análise não convencional baseia-se no estudo e exploração de propriedades estruturais inerentes à topologia do sistema, consoante [9, 10, 12, 13, 16, 20, 22, 26, 35].

Os aspectos supracitados respaldam a conveniência de desenvolvimento de uma nova ferramenta computacional, voltada para o tratamento automático de grande volume de dados de entrada e saída, oriundos de estudos convencionais de sistemas de potência.

¹ Nota-se que a capacidade de endereçamento não deve ser confundida com o número máximo permissível para as listas de nós e ramos. No caso do sistema brasileiro, são atualmente representados listas que em breve atingirão 10.000 barras e 20.000 linhas de transmissão, para estudos de fluxo de potência e até 20.000 barras, para estudos de curto-circuito.

Propõe-se nesta Dissertação um arcabouço conceitual visando este fim, com ênfase particular no tratamento de dados de entrada para estudos de fluxo de potência e curto-circuito. O aplicativo aqui delineado também poderá ser utilizável em análises envolvendo simulações em tempo real e a preparação de ambientes para estudos de estimação de estado. Nestes casos, é recomendável ou o emprego de padrões abertos de intercâmbio de informações (*e.g.* modelo CIM – *Common Information Model*) ou a adaptação dos padrões tradicionais da indústria de energia elétrica [19].

1.2 OBJETIVO

*Esta Dissertação tem como objetivo analisar a topologia de redes elétricas de grande porte por meio de tratamentos computacionais das configurações topológicas representativas do sistema de potência descrito por um grafo. Esses grafos são definidos por listas de **nós**, que representam as subestações ou barras e **ramos** que representam as linhas de transmissão, transformadores, cargas, injeções, capacitores e reatores em derivação.*

1.3 CONCEITOS BÁSICOS

Visando uma maior clareza da proposição, justifica-se aqui o enunciado de alguns conceitos ancilares, listados a seguir:

- *Barra, Barramento, Nó, Subestação*: nesta Dissertação, os quatro termos são tomados como sinônimos, por razões de simplicidade (não obstante, podem ser encontradas na literatura definições que indicam diferenças relevantes entre os quatro termos, dependentes do contexto);

- *Topologias Origem ou Topologias de Ordem Zero*: são os grafos que descrevem as estruturas que se deseja analisar, definidas por uma lista de nós (*i.e.* barras, subestações) e ramos (*i.e.* linhas, transformadores, elos de CC, elementos longitudinais e transversais em geral) não submetidos a qualquer tratamento prévio;

- *Barras Pétreas*: são as barras que não devem sofrer alteração de atributo a cada processamento do aplicativo, sob os modos de operação seguro e restrito. Sob o modo de operação pleno, os atributos das barras pétreas podem ser alterados (por exemplo, admite-

se a atribuição de nova numeração), devendo então ser definido um novo conjunto de barras pétreas (que pode ou não ser vazio);

- *Barras Sementes*: são barras cujas tensões são de conhecimento seguro do usuário, sendo portanto utilizadas como dados de entrada e reforço de validações. Sugere-se dispor de ao menos uma barra semente para cada conjunto de barras isoladas de mesmo nível de tensão, denominadas como ilhas de tensão (por exemplo, se o sistema dispõe de 2 subsistemas em 500 kV, interligados apenas por tensões mais baixas, pode-se dispor de um nó semente em cada um desses subsistemas de 500 kV);

- *Modo de Operação*: vislumbra-se que o aplicativo seja passível de uso sob diferentes modos, tais como, modos pleno, seguro e restrito. Cada um dos mesmos será comentado na sequência;

- *Grau de Hierarquia do Usuário*: diz respeito ao nível de autoridade do usuário, no que concerne o modo de operação utilizado. No modo de operação pleno exige-se uma senha que confira liberdade total ao usuário (por exemplo, permite-se uma operação de renumeração de barras, ignorando completamente a numeração anterior). No modo de operação seguro também exige-se uma senha, porém o grau de liberdade do usuário é mais limitado (por exemplo, o usuário não conseguiria alterar as barras definidas como pétreas, mas teria liberdade para renumerar as demais barras conforme regras desejadas). No modo de operação restrito, embora não haja senha, inibe-se a possibilidade que o usuário faça operações indevidas (por exemplo, preserva-se a denominada topologia matriz, permitindo-se apenas a numeração de barras novas, introduzidas pelo usuário, mas que não pertencem à topologia matriz);

- *Inicialização*: para uma topologia origem, refere-se ao primeiro processamento do aplicativo que deve necessariamente ser no modo pleno, obtendo-se o primeiro conjunto de barras pétreas, se houver. Essa operação é também denominada como *batismo*;

- *I-ésima Topologia-Matriz*: após a inicialização, a topologia resultante passa a representar a denominada topologia-matriz de ordem um ou topologia genitora. Os processamentos subsequentes gerarão as topologias-matrizes de ordem dois, três, etc., da estrutura em análise, também denominadas como topologias descendentes;

- *Números Nobres*: são aqueles de fácil memorização devido a algum tipo de característica de composição (e.g. dezenas, centenas, milhares, dezenas de milhares, intervalos específicos) ou peculiaridade (77777, etc.). Os números nobres podem ser utilizados para identificar as barras pétreas do sistema. Por exemplo, em um sistema de numeração de 5 dígitos (intervalo [1,99998]) dispõe-se dos seguintes números nobres

óbvios: 9999 dezenas, 999 centenas, 99 milhares e 9 dezenas de milhares, totalizando 11106 opções para o batismo das barras pétreas). O conjunto de números nobres pode ser definido automaticamente pelo programa ou estabelecido via regras fornecidas pelo usuário;

- *Topologia de Referência*: é a topologia existente com maior número de nós. Esse conceito é relevante para auxiliar na solução do problema de obtenção de uma numeração simultaneamente compatível para estudos de fluxo de potência e curto-circuito. Seja, por exemplo, a topologia levantada para um certo sistema, visando a realização de estudos de curto-circuito. Suponha-se ainda que a topologia do mesmo sistema para estudos de fluxo de potência apresente um número de barras inferior àquele utilizado na simulação dos estudos de curto-circuito. Neste caso, esta última será a topologia de referência.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta Dissertação é composta de cinco capítulos, sendo que este primeiro refere-se à introdução deste estudo, a estrutura geral do trabalho e seu objetivo.

No Capítulo 2, são apresentados os módulos funcionais da ferramenta computacional proposta, mostrando-se a concepção conceitual que vai ser abordada parcialmente nesta Dissertação. Alguns destes módulos, embora propostos, não serão desenvolvidos no âmbito desta Dissertação e outros serão parcialmente desenvolvidos.

No Capítulo 3, documentou-se todas as etapas de implementação da ferramenta computacional (*Anatopo*), apresentando a representação computacional da rede elétrica e cada uma das funcionalidades dos diferentes módulos desenvolvidos.

No Capítulo 4, encontram-se os resultados da avaliação de desempenho dos módulos aqui desenvolvidos e seu comportamento ao inserir-se sistemas-teste elaborados em condição de regime permanente (*fluxo de potência e curto circuito*).

No Capítulo 5, são apresentadas as conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

No Apêndice A, encontram-se alguns dos diagramas unifilares dos sistemas-testes utilizados para avaliar o protótipo computacional.

No Apêndice B, documentou-se um manual de usuário, mostrando as utilidades, módulos desenvolvidos e guias funcionais do protótipo computacional.

No Apêndice C, são apresentadas as sub-rotinas, funções e classes que foram utilizadas na implementação do protótipo computacional.

No Apêndice D contém um CD com o programa computacional *Anatopo* (versão 1.0) e diversos arquivos úteis.

1.5 PUBLICAÇÕES

Esta Dissertação deu origem a uma publicação em periódico de circulação nacional e uma publicação em um congresso nacional, listadas a seguir:

- SBA Controle & Automação, Vol. 20, Julho/Agosto/Setembro, pp.383-393, 2009, sob o título “Tratamento Computacional da Topologia de Grandes Redes Elétricas” [23].
- III SBSE, Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 2010, sob o título “Identificação Automática de Tensões de Sistemas Elétricos Definidos por Grafos” [31].

* * *

2.1 INTRODUÇÃO

A análise computacional de sistemas elétricos de potência é complexa e abrangente. Essa análise deve considerar que os sistemas elétricos de potência são geralmente compostos de um elevado número de linhas e barras, tornando-se inviável sem a ajuda de uma ferramenta computacional adequada. Um dos problemas de grande interesse refere-se à identificação e análise de possíveis discrepâncias existentes em dados de arquivos de entrada de programas, tanto de *fluxo de potência* como de *curto circuito* e *confiabilidade*. Tais discrepâncias podem ter origem, geralmente, no preenchimento de forma inadequada dos arquivos, em alterações propositais a fim de representar mudanças de configuração no sistema, ou na utilização de bancos de dados distintos. Independentemente da origem, o conhecimento de tais discrepâncias é de fundamental importância para que se possa ter maior domínio dos sistemas a serem analisados.

O capítulo anterior introduziu este tema, abordando também os demais aspectos que influenciam na obtenção de resultados satisfatórios que são dependentes dos dados de entrada. Já o presente capítulo destina-se à apresentação da proposição conceitual de uma ferramenta computacional capaz de dar suporte ao usuário nestes aspectos (programa *Anatopo*).

2.2 DADOS DE ENTRADA

O insumo de entrada básico da ferramenta computacional proposta se compõe de três tipos de arquivos: (i) Arquivos do tipo texto, contendo a descrição da topologia de ordem zero. Por exemplo, tomando-se como referência o aplicativo típico para cálculo de fluxo de potência do setor elétrico brasileiro para cálculo de fluxo de potência [5], o uso de certos comandos específicos gera um arquivo único que contém a lista de nós, ramos e áreas definidos para o sistema em estudo. Propõe-se que o aplicativo computacional seja

capaz de tratar até duas topologias, fornecidas como dados de entrada; **(ii)** Comandos gerais de controle, envolvendo grau de hierarquia do usuário, módulos a serem processados, tipo de processamento, etc.; **(iii)** Arquivos do tipo texto avulsos, em formatações variadas, contendo informações diversas complementares sobre a topologia tratada, como por exemplo, listas de atributos adicionais para nós, ramos e áreas (também denominados como “arquivos-dicionário”).

2.3 MODULARIDADE

O aplicativo proposto contém um abrangente conjunto de módulos funcionais, cada um deles abordando um tópico de interesse. Alguns módulos poderão ser invocados de forma independente, enquanto outros deverão ser chamados a atuar de forma concatenada/sequencial.

O conjunto proposto (Figura 2.1), em ordem aproximada de interesse prático, engloba os seguintes itens: **(i)** módulo de identificação, estatística e diagnose; **(ii)** módulo ordenador; **(iii)** módulo renumerador simples; **(iv)** módulo comparador; **(v)** módulo renumerador duplo; **(vi)** módulo manipulador de áreas; **(vii)** módulo de cálculo de métricas; **(viii)** módulo de ajuste de ponto de operação pré-defeito; **(ix)** módulo matricial; **(x)** módulo equivalentador; **(xi)** módulo de relacionamento e renomeação de barras; **(xii)** módulo configurador.

Do ponto de vista computacional, os módulos deverão ser manipulados através um gerenciador, conforme ilustrado na Figura 2.1. O gerenciador recebe dados de entrada, requisita a operação de um ou mais módulos e fornece os dados de saída. Os dados de entrada incluem não somente as informações topológicas do sistema propriamente ditas, mas também um conjunto de elementos que fornecem subsídios ao processamento de cada módulo, conforme será visto nas seções subsequentes. De forma similar, os dados de saída podem conter informações diversas, dependendo do tipo de análise ou processamento selecionado.

Os módulos comparador, renumerador duplo e de ajuste de ponto de operação pré-defeito, solicitam duas topologias como dados de entrada. Nas seções a seguir, as características funcionais de cada um dos módulos serão apontadas. *Entretanto, alerta-se ao leitor que apenas os módulos de identificação, ordenação, renumeração simples, comparação, renumeração dupla, relacionamento e renomeação de barras serão efetivamente desenvolvidos nesta Dissertação.*

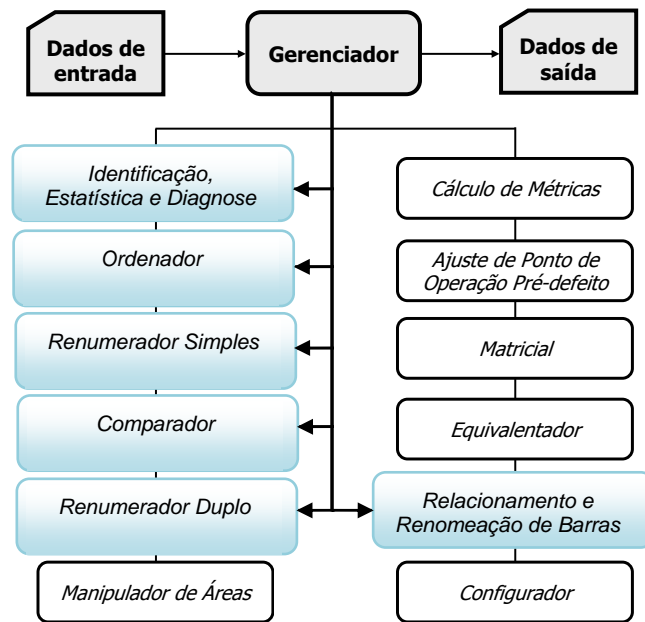


Figura 2.1 - Estrutura Computacional Completa

2.4 IDENTIFICAÇÃO, ESTATÍSTICA E DIAGNOSE

Trata-se de um módulo cujo processamento é sempre invocado, com propósitos de identificação inicial, levantamento estatístico e diagnose da topologia sob análise. A primeira função (identificação) é sempre solicitada, enquanto que as demais têm caráter opcional. Este módulo poderá opcionalmente considerar a materialidade da rede, ou seja, se a topologia tratada é uma rede existente, futura ou histórica. Também podem ser considerados os registros das mutações ocorridas nos elementos (*e.g.* introdução, retirada e alteração de ramos e nós) durante um horizonte de tempo especificado.

2.4.1. Identificação: Neste âmbito, admitem-se dois enfoques: **(i)** identificação de atributos nodais; **(ii)** identificação de atributos ramais longitudinais e transversais (Figura 2.2). Entre os atributos nodais de interesse podem ser citados:

a) Categorias nodais diversas: no sistema brasileiro, os nós da rede podem ser enquadrados nas categorias de rede básica (tensões iguais ou superiores a 230 kV) e rede não-básica (tensões inferiores a 230 kV).

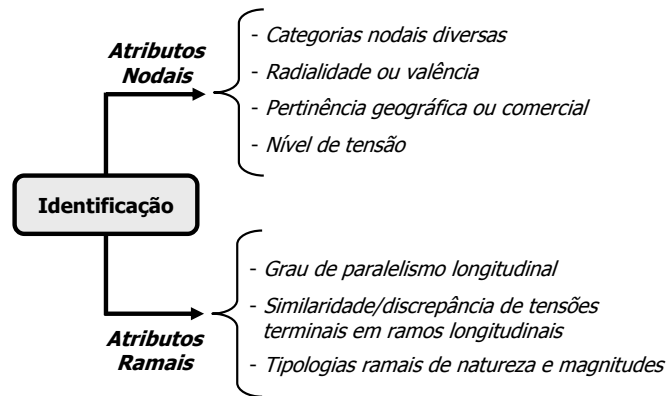


Figura 2.2 – Formas de Identificação Topológica

Também podem ser reconhecidos barramentos seccionadores, dos quais partem apenas ramos que são linhas de transmissão. Da mesma forma, também podem ser distinguidos barramentos transformadores (dos quais partem apenas transformadores) e barramentos híbridos (conectados a transformadores e linhas). Outra categoria nodal de interesse se refere à natureza das injeções de barras, como por exemplo: barra de carga (consumidor livre, industrial, comercial, residencial), barra de geração (térmica, hidráulica, nuclear, eólica, etc.), barra de carga e geração, barra com derivação reativa (capacitor, reator), barras CA, barras CC, etc. Em determinados estudos específicos, podem ser geradas novas categorias de interesse, onde os barramentos estão relacionados a certos tipos de redes. É o caso, por exemplo, das redes definidas para o Sistema Interligado Nacional [17]: rede de operação, rede de simulação, rede de observação, rede básica.

Algumas categorias nodais podem apresentar grandes dificuldades para uma identificação automática sem auxílio do usuário (por exemplo, via arquivos externos), embora sejam relevantes em vários contextos. Por exemplo, são de grande interesse classificações de barras como as seguintes: real, fictícia, auxiliar, tape, seccionadora, primária, secundária, terciária, barra de mútua, barra de transformador elevador, barras de capacitores e reatores série, barras terminais de geradores, etc.

Finalmente, os tipos de ramos transversais e longitudinais conectados a um barramento podem ainda auxiliar na identificação de características de interesse, suscitando então categorias de tipos de conexão (por formatação ou por ordem de grandeza numérica) tais como os genericamente exemplificados na Tabela 2.1. Esse tipo de levantamento também pode ser útil na busca por erros de modelagem ou tipificação dos elementos conectados. Por exemplo, para um dado nó, a presença exclusiva de grandezas no formato $+R+jX$ conectadas ao mesmo pode sugerir que os ramos incidentes são linhas de transmissão. Por outro lado,

valores longitudinais no formato $-jX$ podem sugerir a existência de transformadores de 3 enrolamentos representados na configuração em estrela ou capacitores em série. Valores elevados de $+jX$ podem indicar a incidência de cabos subterrâneos e certas faixas de valores $\pm R \pm jX$, tanto longitudinais quanto transversais, podem, em situações particulares, auxiliar na identificação de elementos FACTS conectados ao nó em apreço, ou na eventual modelagem de transformadores de 3 enrolamentos na configuração delta [27], etc.

Tabela 2.1 - Tipos de Ramos Incidentes em um Nó

Lado Jusante*	Lado Montante
$\pm R \pm jX$	$\pm R \pm jX$
$\pm R \pm jX$	$\pm jX$
$\pm R \pm jX$	$\pm R$
$\pm jX$	$\pm jX$
$\pm R$	$\pm R$
$\pm R$	$\pm jX$

* Arbitrariamente definido

b) Radialidade ou valência nodal (i.e. número de ramos conectados ao nó): Esse atributo pode ajudar a identificar barras críticas do sistema sob o ponto de vista de segurança estrutural, como também auxiliar a detecção de barras fictícias associadas a transformadores de 3 enrolamentos (*e.g.* uma valência igual a 3 associada à presença de um ramo com reatância negativa pode ser um indicativo da presença de um transformador de 3 enrolamentos).

c) Pertinência geográfica ou comercial: Esse atributo diz respeito à localização espacial (país, estado, região, área, instalação) ou à propriedade do barramento (empresa). Sua identificação automática pode ser viabilizada com o auxílio de arquivo externo à guisa de “dicionário”. A título de exemplo, observa-se que uma identificação preliminar e parcial de barramentos por estado pode ser alcançada pela identificação dos códigos das áreas elétricas às quais esses barramentos pertencem, tal como usualmente adotado no setor elétrico brasileiro. Isso se dá porque em muitas situações uma certa empresa atua em um único estado da federação.

d) Nível de tensão do nó: Este atributo é de grande relevância [31] e deverá ser passível de tratamento por cinco estratégias distintas, a saber (Figura 2.3):

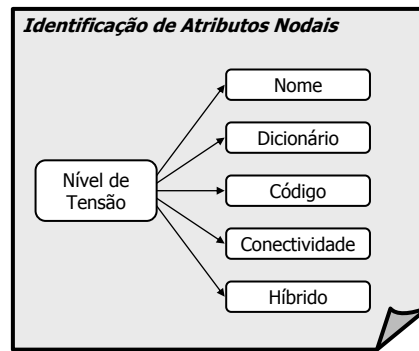


Figura 2.3 – Métodos de Identificação do Nível de Tensão

i. Identificação via caracteres do nome da barra: essa metodologia poderá ser funcional de forma ingênua (e.g. pela simples pesquisa dos 3 últimos caracteres² do nome da barra) ou de forma mais elaborada, através da pesquisa de diferentes combinações de conjuntos de posições e aglutinações de campos do nome da barra. A estratégia elaborada poderá opcionalmente fundamentar-se em técnicas de inferência neuro-nebulosas [21].

ii. Identificação via “dicionário de barras”: Nesse caso, o levantamento da tensão desconhecida é feito procurando-se o código numérico da barra pesquisada em um “dicionário” (i.e. lista registrada em arquivo independente) de barras supostamente disponível ao usuário. Nessa opção podem ocorrer situações nas quais o código numérico é identificado no dicionário, mas o nome da barra pesquisada difere do nome registrado no dicionário. O grau de credibilidade dado ao dicionário é decidido pelo usuário, podendo ser estabelecido por escala numérica. Embora esse grau de confiança atribuído ao dicionário possa ser bastante acentuado, esse método apresenta a desvantagem de exigir a constante manutenção e atualização do próprio dicionário.

iii. Identificação via código intrínseco opcional da lista investigada: É possível que a própria lista de barras, já contenha informações sobre essas mesmas tensões. Por exemplo, a lista de barras pode conter um atributo que indique diretamente o valor nominal da tensão da barra ou ainda um código que identifique um determinado grupo base de tensão ao qual aquela barra pertence. Nesse caso, a identificação é imediata. Não obstante, também é comum a omissão parcial ou mesmo total desse atributo e também o registro errôneo do dado (o grupo base de tensão indica uma tensão diferente da tensão nominal da barra). O grau de credibilidade desse dado também pode ser opcionalmente definido pelo usuário.

² Nos bancos de dados do sistema brasileiro, é usual reservar os três últimos caracteres do nome da barra para informar a tensão da mesma.

iv. Método da conectividade coerente de tensões: esse método parte do pressuposto que barras com tensões idênticas são conectadas por linhas de transmissão, enquanto barras com tensões diferentes ligam-se por transformadores. Sendo assim, o método depende da identificação prévia da natureza de todos os ramos da topologia sob análise (*i.e.* quais ramos são linhas e quais ramos representam transformadores). Nota-se que essa premissa garantiria apenas que certos conjuntos de barras teriam a mesma tensão, porém o simples mapeamento de todas as conexões não é suficiente para a determinação do valor numérico das tensões. Entretanto, para cada conjunto de barras identificado com a mesma tensão, esse problema pode ser resolvido se for informada a tensão de uma única barra, definida como “barra semente” (vide Seção 1.3).

v. Método híbrido: trata-se aqui do uso combinado das potencialidades de todos os métodos anteriores, amparado num sistema de ponderação hierárquica de credibilidade (por exemplo, votação ponderada por pesos definidos pelo usuário) e sistema de denúncia e filtragem das discrepâncias detectadas.

Entre os possíveis atributos ramais, têm potencial interesse os seguintes:

e) Grau de paralelismo longitudinal: esse atributo aponta o número de circuitos em paralelo entre barras conectadas pelos mesmos.

f) Similaridade/discrepância de tensões terminais em ramos longitudinais: esse é um atributo auxiliar para a detecção de patologias de modelagem eventualmente presentes no sistema. Por exemplo, a identidade de tensões terminais reforça a possibilidade do ramo ser uma linha de transmissão. Por outro lado, a discrepância dessas tensões aponta a possível presença ou de um transformador, ou a conexão a uma barra especial (barra de geração com tensão desconhecida, barra auxiliar fictícia, etc.).

g) Tipologias ramais de natureza e magnitudes: trata-se aqui da identificação das naturezas dos ramos, por exemplo, linhas de transmissão, interligações, transformadores de 2 ou 3 enrolamentos de malha, de fronteira ou de distribuição, capacitores e reatores em série e em derivação, transformadores com resistência não nula, condutâncias de dispersão, elementos ramais fictícios, linhas aéreas, cabos subterrâneos, transmissão CA/CC, equipamentos FACTS, etc. Admite-se aqui também uma classificação por faixas de magnitudes paramétricas das grandezas $\pm R \pm jX$, $\pm G \pm jB$ e a relação X/R (vide Tabela 2.1).

2.4.2. Levantamento estatístico: Neste âmbito, cabem miríades de contabilizações de interesse. Entre estas, pode-se, a título de exemplo, citar diversas totalizações automáticas de barras e/ou ramos, com ou sem qualificativos, contagem de barras e/ou sistemas isolados por nível de tensão ou sem conexão elétrica, contabilizações de atributos diversos especificados opcionalmente pelo usuário (*e.g.* carga total, número de geradores, reatâncias negativas, identificação de *links*, contagem do número de malhas topológicas, interligações, ramos com características radiais, etc.).

2.4.3. Diagnose: enquadram-se aqui, em caráter opcional, distintos indicadores topológicos controlados pelo usuário, tais como histogramas de relações X/R e indicadores topológicos de vulnerabilidade como os mencionados em [10, 20, 22]. Também podem ser aqui propostos indicadores diagnosticando o grau de capilaridade ou radialidade de um sistema (*i.e.* índices que auxiliem na diferenciação entre sistemas densamente malhados daqueles com características mais radiais). Essa função tem caráter opcional.

2.5 ORDENADOR

Este módulo tem por objetivo reordenar, por ordem numérica dos códigos de barra (de forma crescente ou decrescente) as posições de uma lista de nós de uma dada topologia, segundo regras estabelecidas pelo usuário. Este módulo é utilizado para fins de visualização e são propostas duas técnicas mencionadas a seguir.

A *reordenação simples* opera apenas o remanejamento ordenado de posições, levando em conta tão-somente a numeração das barras. Por outro lado a *reordenação qualificada* promove uma ordenação de posições compondo a numeração das barras com outros atributos especificados pelo usuário (*e.g.* níveis de tensão, área elétrica, etc.). É claro que a reordenação qualificada só pode ser processada quando os atributos já tiverem sido informados (via arquivo externo) ou levantados por outro módulo conveniente.

Este módulo é de uso opcional e pode ser invocado quando a topologia de ordem zero apresenta-se com algum grau de desordem ou quando o usuário deseja certificar-se de que não há barras com o mesmo código numérico de identificação. O módulo ordenador também facilita a obtenção de uma matriz incidência convenientemente montada (*i.e.* ordenada), que pode ser posteriormente submetida ao módulo comparador, visando a detecção de discrepâncias. Quando a ordenação qualificada é processada,

obtem-se informações necessárias para a montagem de diferentes tipos de equivalentes estáticos, definidos pelo usuário ([1, 11, 24].

2.6 RENUMERADOR SIMPLES

Para uma topologia inicial, denominada topologia-matriz de ordem zero (vide Seção 1.3), este módulo promove a primeira numeração (para o caso em que as barras ainda não dispõem de números, operação batismo) ou a primeira renumeração completa ou parcial, consoante regras previamente selecionadas pelo usuário e em consonância com o modo de operação definido (pleno, seguro e restrito, vide Seção 1.3). Seu processamento é opcional. Considerando, por exemplo, um modo de operação em 5 dígitos, este módulo aponta uma seleção de números no intervalo [1, 99998] a serem atribuídos aos nós do sistema. A atribuição é realizada segundo uma prioridade de regras definidas pelo usuário, porém preservando uma hierarquia conveniente para o uso dos números nobres, de fácil memorização (*i.e.* dezenas, centenas, milhares, etc.) e preservando a numeração das barras definidas como pétreas (vide Seção 1.3).

A atribuição automática de números a uma lista de barramentos pode ser realizada mediante diversas estratégias, em diferentes graus de sofisticação, com e sem a intervenção do usuário. Entre estas, cabem ser citadas as seguintes, previstas para o aplicativo:

2.6.1. Numeração Sequencial Simples: neste caso, o primeiro número pode ser opcionalmente informado pelo usuário. A numeração pode ser feita com ou sem intervalos. Uma alternativa baseia-se na definição do primeiro número e o intervalo a ser usado. Outra possibilidade procura utilizar o máximo intervalo possível (dentro de uma faixa arbitrária) para o conjunto de barras sob tratamento. Variantes dessa estratégia podem tomar como referência o último número, definido pelo usuário. Embora essa metodologia seja muito simples, ela não permite a retenção de informações particulares associadas aos números.

2.6.2. Numeração aleatória: essa metodologia produz uma numeração totalmente sem controle por parte do usuário, que uma vez processada poderá ser submetida ao módulo ordenador. Ver-se-á então que os intervalos entre números não obedecem a qualquer regra determinística. Esse tipo de numeração pode ser útil para fins de operações intermediárias de validação de outros módulos aqui discutidos, visando a filtragem de erros.

2.6.3. Numeração por hierarquia de agregados: essa estratégia solicita inicialmente a definição dos tipos de agregados que interessam (por exemplo, níveis de tensão e regiões geográficas). Uma vez estabelecidos os tipos de agregados a serem considerados, há que se definir a hierarquia de precedência que deve vigorar entre os mesmos. No exemplo em questão, supor-se-á que interessa a definição de 3 níveis de tensão (A,B,C) e 2 regiões geográficas (x,y), possibilitando a composição de $3 \times 2 = 6$ conjuntos de agregados do tipo tensão/região (Ax, Ay, Bx, By, Cx, Cy). Ainda a título de exemplo, será suposto que a tensão tem precedência hierárquica sobre a região. Na sequência, avalia-se o porte de cada um dos agregados, e procede-se à alocação proporcional dos números, consoante o tamanho da cada conjunto e de acordo com a regra de atribuição selecionada. No exemplo tratado, será suposto que cada um dos seis agregados apontados tem, respectivamente, 9, 4, 8, 7, 2 e 5 barramentos. Se, por exemplo, a regra de atribuição selecionada impõe o uso de números nobres da faixa dos milhares e um intervalo fixo de largura 2, um possível resultado da operação de batismo seria:

Agregado Ax - 1000, 1002, 1004, 1006, 1008, 1010, 1012, 1014, 1016

Agregado Ay - 1018, 1020, 1022, 1024

Agregado Bx - 2000, 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014

Agregado By - 2016, 2018, 2020, 2022, 2024, 2026, 2028

Agregado Cx - 3000, 3002

Agregado Cy - 3004, 3006, 3008, 3010, 3012

No exemplo acima, dependendo das regras de atribuição selecionadas, diversos outros resultados seriam possíveis. Poder-se-ia, por exemplo, impor uma diferenciação mais acentuada para as barras de mesma tensão mas de regiões distintas, através de um intervalo discriminador específico ou pelo uso de números nobres atrelados às combinações de milhares e centenas. Por exemplo, os dois primeiros agregados da tensão A e regiões x e y ficariam:

Agregado Ax - 1000, 1002, 1004, 1006, 1008, 1010, 1012, 1014, 1016

Agregado Ay - 1100, 1102, 1104, 1106

Entre as diversas categorias de agregados de interesse, as seguintes merecem menção:

- *conectividades (i.e. identificando sistemas isolados);*
- *níveis de tensão (maior tensão, menor tensão, rede básica);*
- *pertinências geográficas (país, regiões, estados, áreas);*
- *pertinências comerciais;*
- *tipos de estudos (fluxo de potência, curto-circuito).*

Convém-se ainda enfatizar que a atribuição de números pode depender inicialmente da contabilização dos diferentes agregados e da verificação da grandeza (*i.e.* porte) desses agregados. Assim, para uma faixa de números permitidos, opcionalmente especificada pelo usuário, a atribuição de números aos agregados pode ocorrer por:

- Alocação Sequencial* (direta sem intervalos, porém respeitando a hierarquia definida; direta com intervalos, por ordem de grandeza usando números nobres, tais como centenas, milhares, dezenas de milhares, etc; tal como no exemplo acima);
- Alocação proporcional ao tamanho dos agregados* (com ou sem intervalos separadores, usando ou não números nobres);
- Alocação híbrida*, pois também pode haver necessidade da consideração de regras especiais visando o tratamento de tópicos relevantes tais como: a presença de barramentos de geração para os quais se deseje reservar números mnemônicos, atribuíveis a nós representativos de terminais de geradores e transformadores elevadores; a presença de eventuais barras pétreas, facilidade de identificação de barras auxiliares, fictícias, secundárias, terciárias, derivações, mútuas, seccionadoras, etc.
- Listas de regras ad-hoc definidas pelo usuário (e.g. reservas de intervalos, etc.).*

2.7 COMPARADOR

Este módulo compara duas topologias, podendo operar sob dois enfoques distintos e independentes: (i) comparador de estrutura topológica: visa identificar o grau de similaridade estritamente estrutural entre duas topologias às quais foi aplicada uma mesma regra de ordenação. Dado que a mesma regra de ordenação foi previamente aplicada às duas estruturas (vide módulo ordenador), espera-se que a análise das respectivas matrizes de incidência possa caracterizar o grau de coincidência topológica entre as duas estruturas. Observa-se que as duas topologias podem representar sistemas completamente distintos, porém com estruturas topológicas total ou parcialmente semelhantes. Nesse caso, um possível indicador de

similaridade estritamente topológica é dado pela sequência de nós e ramos definidores de cada malha do sistema. Um outro indicador ingênuo poderá também ser extraído da tentativa de superposição direta das duas matrizes, aliada à consequente evidência das discrepâncias. Essas discrepâncias podem ser tentativamente minimizadas pela busca de uma ordenação otimizada heurísticamente. Outros possíveis indicadores ingênuos podem ainda se basear na simples contagem dos nós, ramos e malhas de ambas as topologias. Nessa forma de operação, o aplicativo gera listas de supostas congruências, que poderão ser validadas ou não pelo usuário; (ii) identificador de coincidências: visa a detecção de conjuntos de nós e ramos comuns entre duas topologias que representam pretensamente o mesmo sistema. A utilidade deste modo de operação é a identificação da lista de nós e ramos coincidentes para fins de posterior renumeração compatibilizada (*e.g.* no caso de topologias usadas em estudos de curto-circuito e fluxo de potência).

O identificador de coincidências admite operação semi-automática ou com a intervenção parcial do usuário. No primeiro caso, o tratamento baseia-se tão somente na detecção de coincidências existentes nas matrizes de incidência, previamente montadas com base no mesmo critério de ordenação. No segundo caso, o usuário fornece uma lista reduzida de barras coincidentes nas duas topologias. Com base nessa lista e nas matrizes incidência ordenadas pelo mesmo critério, o comparador emite então um diagnóstico relacionando a lista de barras idênticas nas duas topologias, as listas de barras existentes em uma única topologia, a lista de ramos existentes em ambas as topologias, os ramos presentes em uma única topologia e um diagnóstico das discrepâncias ramais sob o ponto de vista paramétrico, com o respectivo percentual de erro relativo em relação à topologia tomada como referência. Para as barras coincidentes, gera-se também um diagnóstico de similaridades e discrepâncias das grandezas em derivação (injeções, cargas, capacitores, reatores, etc). Esse módulo deve viabilizar a identificação de barras eliminadas ou introduzidas em relação à topologia de referência (vide Seção 1.3) e também a comparação de listas de barras qualificadas por atributos. É relevante enfatizar que a comparação aqui realizada não se baseia nos números atribuídos a cada barramento, mas unicamente ao aspecto estrutural topológico.

2.8 RENUMERADOR DUPLO

Este módulo renumera duas topologias previamente submetidas ao módulo comparador, operado na forma de identificador de coincidências, tomando uma delas como referência (vide Seção 1.3) para a seleção de novos números, consoante regras estabelecidas pelo usuário.

Trata-se de uma funcionalidade útil, por exemplo, para a compatibilização da numeração de barras de topologias oriundas de estudos de curto-circuito e fluxo de potência.

2.9 MANIPULADOR DE ÁREAS

Este módulo tem por objetivo operar três etapas consecutivas, que são: **(i)** diagnose inicial; **(ii)** manipulações; **(iii)** diagnose final. As etapas inicial e final visam produzir tabelas de cinco colunas, tais como ilustrado na Tabela 2.2, nas quais é possível identificar como as áreas do sistema estão conectadas entre si, antes e após a operação de manipulação intermediária. As diagnoses podem incluir a contabilização e o controle dos códigos numéricos de área utilizados, os códigos ainda livres e diversas estatísticas qualificadas por atributos de interesse (*e.g.* quantas interligações existem entre áreas, num dado nível de tensão; qual o tipo de interligação, transformador ou linha; etc).

Tabela 2.2 - Diagnoses Inicial e Final de Áreas

Número da Área	Nome da Área	Áreas com as quais se Conecta	Lista de Ramos que Interligam as Áreas	
			Da Barra	Para Barra

A operação intermediária (a manipulação propriamente dita) compreende as seguintes alternativas, opcionalmente invocadas pelo usuário: **(i)** fusões e desmembramentos generalizados; **(ii)** delimitações específicas; **(iii)** caracterização por estado da federação.

A operação de fusão resulta numa situação na qual o número de áreas final pode ser inferior ao número de áreas inicial. Essa manipulação pode ser viabilizada fazendo-se:

- *acesso à lista de áreas a serem fundidas;*
- *atualização de nome e número da nova área resultante da fusão;*
- *marcação de todas as barras da nova área resultante.*

Em contraposição, a operação de desmembramento pode gerar uma configuração na qual o número de áreas final pode ser superior ao número de áreas inicial, contemplando a criação de áreas completamente novas. A título de esclarecimento, suponha-se que as novas áreas a serem criadas sejam denominadas como “segmentos”. Assim, a operação desmembramento pode ser sucintamente viabilizada fazendo-se:

- *acesso à lista de segmentos;*
- *para um dado segmento definido, atualização do conjunto de barras desmembradas de áreas pré-existent;*
- *promove, se for o caso, a eventual agregação de barras isoladas ao segmento sob construção.*

A delimitação específica é uma técnica que pode revelar-se conveniente na situação em que a manipulação de barras na composição de áreas ocorre de forma muito particularizada, exigindo o uso de arquivo externo com as informações de interesse.

A caracterização por estado nada mais é do que um caso particular de delimitação específica. Trata-se de uma operação de difícil automatização, viabilizando-se, porém, via arquivo externo.

2.10 CÁLCULO DE MÉTRICAS

Dadas duas topologias ou dois pontos de operação associados a uma dada topologia, esse módulo viabiliza o cálculo de métricas diversas representativas de “distâncias” topológicas, “distâncias” entre pontos de operação, graus de discrepâncias paramétricas ou a combinação dos três fatores. Seu uso é opcional [9, 10, 12, 13, 16, 20, 22, 26, 35].

2.11 AJUSTE DE PONTO DE OPERAÇÃO

Para uma topologia conhecida, esse módulo promove o estabelecimento automático do ponto de operação pré-distúrbio mais realista possível, com base em algumas informações oriundas de medições e registros do histórico operativo da topologia em questão. Atua minimizando a “distância” entre os pontos de operação (ponto de operação medido e ponto de operação ajustado), utilizando o módulo de cálculo de métricas. Trata-se de um módulo útil para a obtenção de pontos de operação pré-distúrbio, visando a simulação dinâmica de

perturbações ocorridas no sistema. Trata-se de um tópico avançado que não será tratado nesta Dissertação.

2.12 MÓDULO MATRICIAL

Para uma dada topologia, este módulo opera um conjunto de funções matriciais, opcionalmente solicitadas pelo usuário, entre as quais cabe citar: montagem de matrizes incidência e primitivas, montagem das matrizes admitância e impedância nos referenciais de nó, malha, ramo e híbrido [25], autovalores, traços e determinantes, cálculo de atributos topológicos (celularidade, planaridade, grau de esparsidade, radialidade nodal, grau de capilaridade, contagem do número de ilhas por nível de tensão, contagem de sistemas isolados). O módulo contém ainda recursos para o tratamento de matrizes por técnicas de esparsidade [3, 14].

2.13 MÓDULO EQUIVALENTADOR

Viabiliza a contração via redução de Kron [4, 12] e a transfiguração [1, 11, 24] de uma dada topologia (equivalente-árvore). É útil para estudos de fluxo de potência e curto-circuito (eliminação de mútuas).

2.14 RELACIONAMENTO E RENOMEAÇÃO DE BARRAS

É um módulo que faz a relação entre nomes e números de duas listas distintas ou promove a atribuição de novos nomes às barras do sistema, consoante um conjunto de regras definidas pelo usuário. A primeira função é útil na situação na qual duas empresas diferentes identificam o mesmo sistema de forma diferenciada, como ilustrado simbolicamente no esquema da Tabela 2.3. Essa relação nada mais é do que uma espécie de “tradutor” que interpreta a nomenclatura de barras e códigos numéricos usados por empresas que eventualmente não abrem mão de suas codificações internas (nome e número de barra), em prol de uma uniformidade de representação. A segunda função promove, em uma das listas, a alteração de nomes e/ou números das barras comuns a ambas, tomando a outra das listas como paradigma. Obviamente, a alteração conjunta de nome e número resultará numa única lista, caso os dois sistemas representados sejam topologicamente idênticos.

Tabela 2.3 - Tradutor de Barras Representativas de um Mesmo Sistema

Empresa A		Empresa B	
lista de números A	lista de nomes A	lista de números B	lista de nomes B

2.15 CONFIGURADOR

A principal função do módulo configurador é auxiliar na montagem de topologias nas quais se deseja a representação discriminada de chaves e disjuntores, necessária em estudos de estimação de estado, análise em tempo-real e modelagem de subestações em estudos de confiabilidade. Como é sabido, não é possível obter-se uma configuração topológica discriminando-se chaves e disjuntores a partir tão-somente, de uma configuração descritora de barras e ligações (*i.e.* ramos). Para que isso seja factível, são necessárias informações adicionais, definidoras dos arranjos físicos das subestações. Por outro lado, a recíproca não ocorre, ou seja, é possível a obtenção de configurações barra/ligação a partir de configurações chave/disjuntor.

2.16 SUMÁRIO

De um modo geral, a proposta computacional desta Dissertação foi apresentada sob *enfoque conceitual*, ressaltando-se as funcionalidades mais significativas esquematizadas por meio de módulos. Cabe destacar que o módulo de identificação, estatística e diagnose cumpre uma função essencial, observando-se que se os resultados obtidos neste módulo estiverem errados, as informações subsequentes estarão comprometidas.

* * *

3.1 INTRODUÇÃO

Conforme abordado nos capítulos anteriores, a concepção funcional desta Dissertação está enfocada numa ferramenta computacional que auxilie ao usuário no tratamento de grande quantidade de dados, compostos principalmente de barramentos e linhas que além de definir a topologia do sistema elétrico, também podem ser representados computacionalmente por meio de grafos.

Os dados topológicos de um sistema elétrico são imprescindíveis para poder efetuar a análise de fluxo de potência, curto-circuito ou confiabilidade. De fato, estes dados constituem a informação de entrada para este tipo de análise e, portanto, representam a principal fonte de ciência das condições operacionais da rede (níveis de geração e de carregamento, topologia e restrições). Neste capítulo apresenta-se a elaboração do protótipo computacional *Anatopo (versão 1.0)*, tomando em consideração todas as etapas de análise, desenho e desenvolvimento computacional.

A ferramenta foi desenvolvida tendo como base os arquivos de entrada dos programas Anarede (fluxo de potência) e Anafas (curto-circuito) do Cepel [5, 30].

3.2 PROTÓTIPO COMPUTACIONAL ANATOPO (VERSÃO 1.0)

A importância relativa aos dados constituintes dos arquivos de entrada dos programas para cálculo de fluxo de potência e curto-circuito, aliada às milhares de informações geralmente envolvidas em um único arquivo, resultam em uma demanda natural por aplicativos computacionais que permitam um melhor entendimento dos dados dos sistemas a serem analisados. Decorrente de tal necessidade, foi elaborada uma ferramenta computacional para analisar topologicamente uma rede elétrica a partir dos arquivos de entrada de dados (arquivos de texto do tipo ASCII puro, com formatação). O aplicativo desenvolvido, além de separar, relacionar e evidenciar as diversas grandezas envolvidas, realiza a representação topológica das mesmas entre sistemas provenientes de diferentes arquivos de entrada de

dados. Esta característica, a qual corresponde a principal função do aplicativo, é responsável pela detecção dos diferentes grupos de tensões e do tratamento topológico tanto de uma ou duas redes elétricas. Desta forma, o tratamento computacional dado pelo aplicativo é capaz de gerar resultados que propiciam ao usuário a identificação topológica da rede e do grau de disparidade entre os sistemas observados.

Como já foi enfatizado na Seção 2.3, apenas os módulos: **(i)** módulo de identificação, estatística e diagnose; **(ii)** módulo ordenador; **(iii)** módulo renumerador simples; **(iv)** módulo comparador; **(v)** módulo renumerador duplo; **(vi)** módulo manipulador de áreas; **(vii)** módulo de relacionamento e renomeação de barras; foram computacionalmente desenvolvidos no programa *Anatopo (versão 1.0)*.

A ferramenta computacional é composta de vários módulos funcionais; todos eles formam parte de uma estrutura geral que é caracterizada por três etapas: **(i)** entrada, **(ii)** processamento **(iii)** saída.

O desenvolvimento foi feito utilizando-se duas linguagens de programação: FORTRAN e Visual Basic com conceitos de Modelagem Orientada a Objetos [32]. A Figura 3.1 ilustra a estrutura da ferramenta desenvolvida que contém diversos módulos para o tratamento topológico de redes elétricas [24], incluindo o módulo de identificação de tensões descrito neste trabalho.

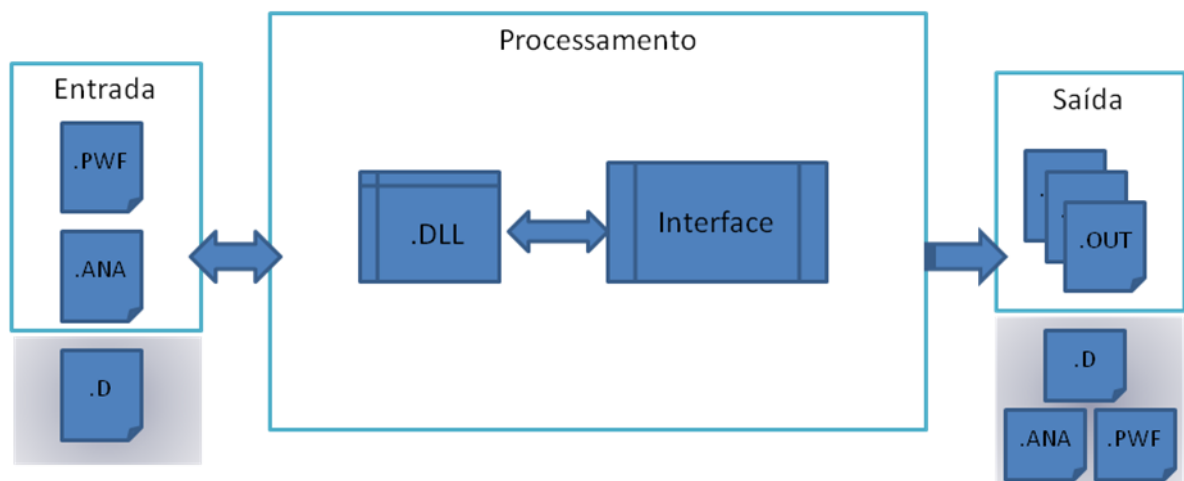


Figura 3.1 - Estrutura Geral da Ferramenta Computacional

A Figura 3.1 também mostra que os arquivos de entrada podem ser bases de dados para estudos de fluxo de potência (.PWF) ou curto-circuito (.ANA). Além disso, caso a metodologia de identificação via dicionário de barras seja utilizado, é necessário incluir o arquivo correspondente (.D). Todo o processamento dos módulos descritos no Capítulo II é realizado por uma biblioteca dinâmica (.DLL) gerada a partir dos algoritmos em FORTRAN, que se comunica diretamente com uma interface amigável, escrita em Visual Basic. Como saída, podem ser produzidos relatórios de identificação e geradas novas bases de dados e arquivos de dicionário com o resultado da identificação já incorporado.

- (i) **Entrada**, composta por arquivos que oferecem à ferramenta computacional os dados necessários para poder estabelecer a topologia da rede elétrica a ser utilizada. Cabe ressaltar que tem-se 2 tipos de arquivos de entrada:
 - a. *Arquivo de configuração*, caracterizado por definir a topologia do sistema elétrico; pode ter dois tipos de formatos: (i) Arquivo de configuração para estudos de fluxo de potência (.PWF); ou (ii) Arquivo de configuração para estudos de curto circuito (.ANA). Não obstante, é importante esclarecer que essas formatações não se encontram padronizadas, havendo casos de arquivos com extensão “.ana” que definem configurações para estudos de fluxo de potência.
 - b. *Arquivos externos*, caracterizado por ter extensão (.D); oferece dados adicionais, que em alguns casos, podem ser requeridos para utilizar alguma funcionalidade do protótipo computacional.
- (ii) **Processamento**, composta por dois meta-módulos que encarregam-se de toda a etapa de processamento, tendo como principais funções a leitura de dados, definição de dimensões vetoriais, gerenciamento dos módulos funcionais e retorno de resultados. A seguir uma explicação dos meta-módulos é apresentada.
 - a. *Módulo .DLL*, parte principal do programa (cerne da etapa de processamento), neste módulo se definem todas as variáveis globais que definem a topologia da rede elétrica, as sub-rotinas de processamento de cada um dos módulos funcionais e as regras de gerenciamento da ferramenta computacional.
 - b. *Módulo Interface*, encarregado de obter as informações requisitadas pelo usuário, validando cada uma delas por pequenas sub-rotinas e por último mostrando os resultados obtidos pelo módulo .DLL. Este é o único

módulo que interage com o usuário e vai depender deste a boa interação usuário-ferramenta computacional.

- (iii) **Saída**, são todos os arquivos que apresentam ao usuário uma cópia fidedigna dos resultados obtidos na etapa de processamento.

Na etapa de Processamento, utilizou-se um controle de dependências e partições [28] que define o grafo de controle do fluxo (CFG - *Control Flow Graphs*) do programa (Figura 3.2).

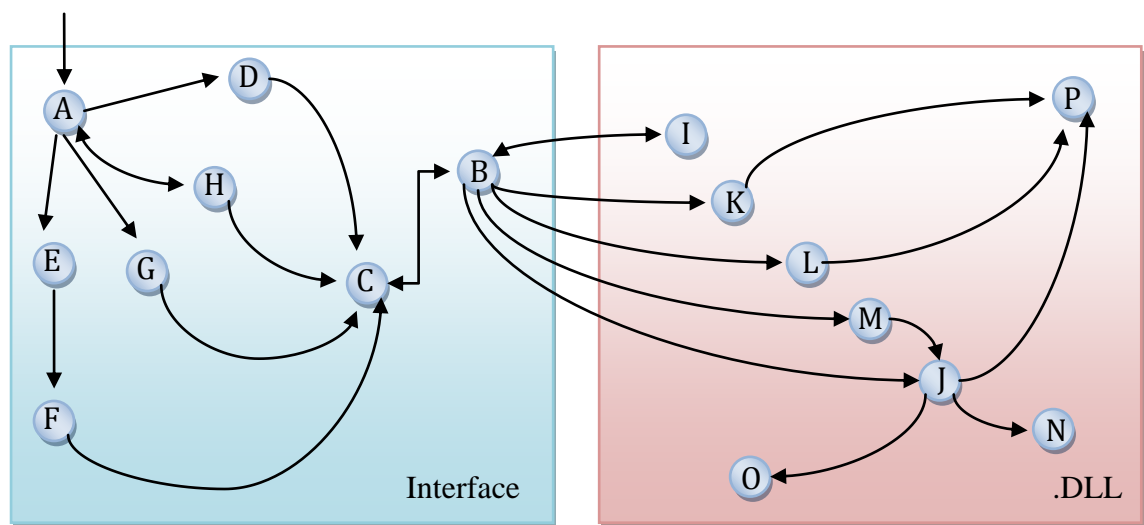


Figura 3.2 - Grafo de Controle do Fluxo da Ferramenta Computacional

Cada um dos nós apresentados na Figura 3.2, estão referenciados às classes, sub-rotinas e funções que compõem a ferramenta computacional *Anatopo*; tais como descrito na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Descrições dos Nós do CFG

Nó	Nome do Nó	Descrição
A	FrmAnatopo	Classe principal do meta-módulo de Interface.
B	Module_Basic_Fortran	Micro-módulo que conecta as funcionalidades do meta-módulo de Interface com o meta-módulo .DLL.
C	VBasic_Fortran	Classe que valida os parâmetros enviados do meta-módulo Interface para o meta-módulo .DLL.
D	Identify_Menu	Classe onde se encontra as funcionalidades do Módulo Identificação, Estatística e Diagnose, (Vide Seção 2.4).
E	Menu_Modulos	Classe que apresenta os módulos funcionais.
F	CaractNos	Classe que seleciona as características dos Barramentos.

Tabela 3.1 – Descrições dos Nós do CFG (continuação)

Nó	Nome do Nó	Descrição
G	Renumerador_Seq	Classe que apresenta a funcionalidade do módulo renumerador simples. (Vide Seção 2.6)
H	Discre_metodos	Classe que compara os métodos de Identificação, (Vide Seção 2.4.1).
I	Leitura_Dados	Subrotina que realiza a leitura do arquivo que contém a topologia da rede elétrica.
J	Mod_ID	Subrotina que da funcionalidade ao módulo de Identificação, Estatística e Diagnose, (Vide Seção 2.4).
K	Mod_Ord	Subrotina que da funcionalidade ao módulo Ordenador. (Vide Seção 2.5)
L	Mod_Re_Sim	Subrotina que da funcionalidade ao módulo Renumerador Simples. (Vide Seção 2.6)
M	Discrepancias	Subrotina que compara os métodos de identificação, gerando uma tensão para o método híbrido inteligente, (Vide Seção 2.4.1).
N	Categorias_Nos	Sub-rotina que identifica os atributos nodais propostos, (Vide Seção 2.4.1).
O	Categorias_Ramos	Sub-rotina que identifica os atributos ramais propostos, (Vide Seção 2.4.1).
P	Module_Grafo	Subrotina onde se declaram as variáveis e estruturas de dados globais.

3.3 ARQUIVOS DE ENTRADA

Como toda ferramenta computacional, os dados de entrada convertem-se em um insumo básico, o qual pode ser utilizado tanto para definir a topologia do sistema elétrico como informar atributos adicionais. A seguir são descritos os diferentes arquivos de entrada utilizados no protótipo computacional *Anatopo (versão 1.0)*.

3.3.1 Arquivo de Fluxos de Potência

Conjunto de dados formatados e necessários para definir a topologia do sistema elétrico, este arquivo é utilizado pelo programa de Análise de Redes – *Anarede* como arquivo base para definir os diferentes atributos do sistema. Neste arquivo são especificados os chamados “códigos de execução” ou comandos do programa [5].

Na Tabela 3.2 são apresentados os quatro comandos do programa *Anarede* utilizados pela ferramenta desenvolvida. A tabela mostra ainda os atributos de cada comando que são lidos pelo programa *Anatopo (versão 1.0)*.

Tabela 3.2 – Comandos utilizados do Programa *Anarede*

Comando	Descrição	Atributos
DBAR	Define as barras do sistema elétrico em estudo.	Número, Grupo Base de Tensão, Nome, Área, Geração Ativa e Geração Reativa.
DLIN	Define os circuitos, sejam linhas de transmissão ou transformadores, que conectam as barras.	Da Barra, Para Barra, Resistência, Reatância e Tap.
DGBT	Define as tensões de um grupo de barras.	Grupo e Tensão.
DARE	Define as áreas de um conjunto de barras.	Número e Nome.

A seguir são apresentadas as características dos comandos mencionados na Tabela 3.2:

DBAR

- *Número*, Número de identificação do barramento.
- *Nome*, Identificação alfanumérica da barra.
- *Grupo Base de Tensão*, Identificador de Grupo Base de Tensão ao qual pertence ao barramento, composto por até dois caracteres do tipo dígito (0 a 9) ou caractere (A a Z), conforme definido no código de execução DGBT. Os valores associados aos Grupos Base de Tensão são definidos no código de execução DGBT. (Este atributo será utilizado só em alguns métodos de identificação do nível de tensão).
- *Área*, Número da área à qual pertence à barra.

DLIN

- *Da Barra*, Número da barra de uma das extremidades do circuito como definido no campo Número do código de execução DBAR.
- *Para Barra*, Número da barra da outra extremidade do circuito como definido no campo Número do código de execução DBAR.
- *Resistência*, Valor da resistência do circuito, em %. Para transformadores, este valor corresponde ao valor da resistência para o tape nominal.
- *Reatância*, Valor da reatância do circuito, em %. Para transformadores, este valor corresponde ao valor da reatância para o tape nominal.
- *Tap*, Valor do tape referido à barra definida no campo Da Barra, em p.u., para os transformadores de tape fixo ou, uma estimativa deste valor para os transformadores com variação automática de tape (LTC).

DARE

- *Número*, Número da área, definido no campo Área do código de execução DBAR.
- *Nome*, Identificação alfanumérica da área.

DGBT

- *Grupo*, Identificador do grupo base de tensão, como definido no campo Grupo Base de Tensão do Código de Execução DBAR.
- *Tensão*, Tensão base associada ao grupo, em kV.

3.3.2 Arquivo de Curto-Circuito

Conjunto de dados formatados que são utilizados para estudos de curto-circuito. Estes dados, utilizados pelo programa de Análise de Falhas Simultâneas – *Anafas* [30], são necessários para definir a topologia da rede elétrica, e compõem-se de diferentes comandos ilustrados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Comandos utilizados do Programa *Anafas*

Comando	Descrição	Atributos
38	Define as barras do sistema elétrico em estudo.	Número, Nome e Tensão.
37	Define os circuitos, sejam linhas de transmissão ou transformadores, que conectam as barras.	Barra Inicial, Barra Terminal, Resistência de sequência zero e Reatância de sequência zero.

Associados a esses comandos são descritos a seguir os atributos mais relevantes apresentados na Tabela 3.3 [30].

38

- *NB*, Número de identificação do barramento.
- *BN*, Identificação alfanumérica do barramento (nome da barra).
- *VBAS*, Tensão do barramento.

37

- *BF*, Número do barramento origem da linha.
- *BT*, Número do barramento destino da linha.
- *R0*, Resistência da linha.
- *X0*, Reatância da linha.

3.3.3 Arquivo Dicionário de Barras

Conjunto de dados formatados com extensão “.D”; os quais representam atributos adicionais, sendo estes úteis tanto na identificação das tensões, como nos atributos nodais e ramais. A formatação deste arquivo é apresentada na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Comandos Utilizados no Dicionário de Barras

Comando	Descrição	Atributos
DNOS	Lista as barras com atributos de procedência certa.	Número, Nome e Tensão, Grupo de Tensão, Estado e Região.
DBSE	Define as barras sementes (barras utilizadas no método de identificação por conectividade, (vide Seção 2.4).	Número, Nome, Tensão e Observações.

Nos comandos apresentados na tabela anterior podem se distinguir os seguintes conjuntos de dados:

DNOS

- *NUM*, Número de identificação do barramento.
- *NOME*, Identificação alfanumérica do barramento (nome da barra).
- *NTEN*, Tensão do barramento (inserida pelo usuário, em kV).
- *GB*, Grupo Base de Tensão.
- *ES*, Estado ao qual pertence o barramento.
- *RG*, Região ao qual pertence o barramento.

DBSE

- *NUM*, Número de identificação do barramento.
- *NOME*, Identificação alfanumérica do barramento (nome da barra).
- *NTEN*, Tensão do barramento (inserida pelo usuário, em kV).
- *Observações*, Comentários adicionais utilizados pelo usuário (opcional).

Cabe ressaltar, que o comando DBSE cumpre uma função importante no método de identificação por conectividade porque neste comando se definem as Barras Sementes.

3.4 MÓDULOS FUNCIONAIS DE PROCESSAMENTO

A ferramenta computacional desenvolvida tem diferentes funcionalidades, todas elas agrupadas funcionalmente por módulos, ilustrados na Figura 3.3. *Cabe ressaltar, que os módulos a serem descritos neste capítulo são apenas aqueles que se encontram efetivamente implementados na ferramenta computacional Anatopo (versão 1.0), diferenciando-se em quantidade de aqueles módulos definidos no Capítulo 2.*

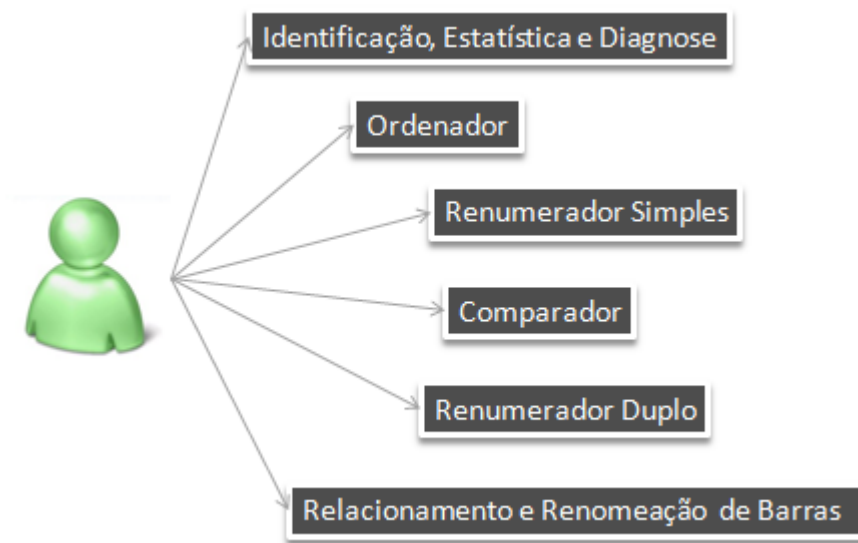


Figura 3.3 - Módulos do Protótipo Computacional Anatopo (versão 1.0)

3.4.1 Identificação, Estatística e Diagnose

Este módulo é um dos pilares funcionais da ferramenta computacional proposta, sendo que os resultados obtidos dependem deste módulo para serem satisfatórios.

Um grafo pode representar consistentemente uma rede elétrica. Pelas características inerentes a ela, podem-se diferenciar agrupamentos de nós e ramos que não recebem nenhum tipo de conexão com outros semelhantes, mas que pertencem ao mesmo sistema elétrico (empresa, país); tais agrupamentos denominam-se *ilhas* e estão ilustrados na Figura 3.4.

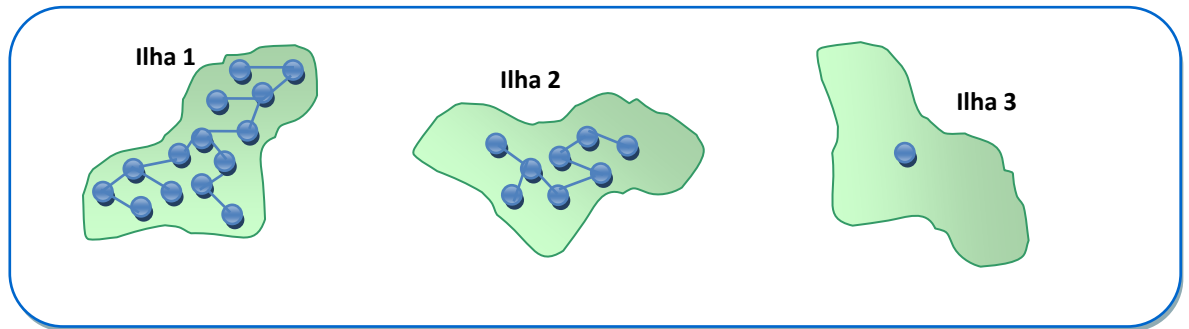


Figura 3.4 – Divisão da Rede Elétrica por Ilhas (Sistemas Isolados)

A rede elétrica é composta por diferentes conjuntos de barras e linhas que ao mesmo tempo têm atributos diversos, como definidos na Seção 2.4.1. Dentro destes atributos, considera-se a *tensão* como um atributo imprescindível para a definição da topologia. É por este motivo, que a identificação das tensões das barras viabilizará a representação correta de uma rede elétrica a ser utilizada num caso de estudo. Como ilustrado na Figura 3.5, as barras podem ser diferenciadas basicamente pela sua tensão nominal.

No exemplo da Figura 3.5, tem-se um sistema elétrico composto por **6 ilhas** (*sistemas isolados*), **4 níveis de tensão identificados**, **3 níveis de tensão não identificados** (*malhas terminais 12, 13 e 14*), **11 malhas com tensões identificadas** (*malhas não singulares*) e **3 malhas singulares sem identificação de tensões** (*malhas singulares ou terminais são relacionadas a transformadores, incluindo nós fictícios de transformadores de 3 enrolamentos*).

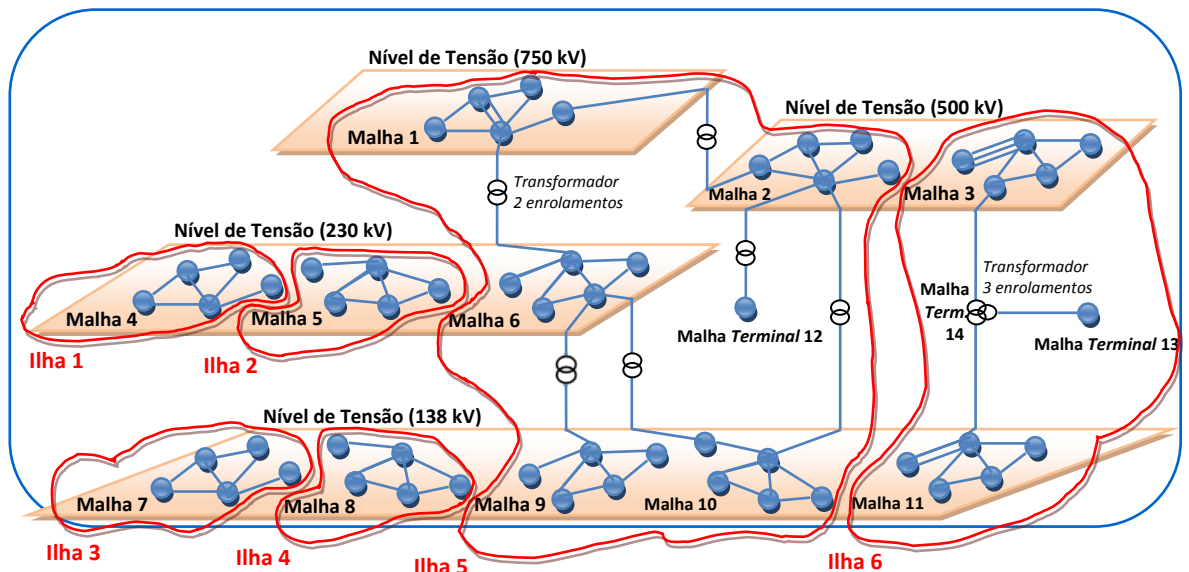


Figura 3.5 – Distribuição dos Barramentos agrupados por Ilhas (vide Fig. 4.6)

Na mesma figura nota-se que o nó fictício associado ao transformador de 3 enrolamentos não é considerado malha nem tem nível de tensão real específico, mas atribui-se o valor 999 apenas por conveniência (Vide Tabela 3.5).

A identificação de tensões pode ser feita através de diversas técnicas. As seções seguintes descrevem cinco metodologias desenvolvidas neste trabalho e implementadas na ferramenta computacional:

- *Nome da barra;*
- *Dicionário de barras;*
- *Grupo base de tensão;*
- *Conectividade coerente;*
- *Identificação híbrida inteligente.*

A identificação híbrida inteligente combina as técnicas básicas visando obter resultados mais precisos.

a) Método de Identificação via Caracteres do Nome da Barra

A identificação via caracteres do nome da barra (CNB) é baseada na representatividade dos caracteres que formam o nome de um determinado nó, uma vez que é comum a inclusão de acrônimos e números que definem a tensão a ser identificada. Assim, essa metodologia considera os seguintes aspectos:

- *Caracteres Chave:* refere-se a pequenos acrônimos que definem arbitrariamente o tipo de nó. Por exemplo: nós de geração (GR), nós fictícios (FIC), nós de compensadores síncronos (CS), etc;
- *Tensões Candidatas:* refere-se a caracteres numéricos que definem a tensão do nó. Por exemplo, nós de 275 kV (275), nós de 15 kV (15), etc.;
- *Tensões Típicas:* refere-se às tensões mais utilizadas no sistema. No caso do sistema elétrico brasileiro, as tensões mais encontradas são listadas na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Tensões Típicas de Registro (DGBT) usadas em Estudos de Planejamento

Código intrínseco	Tensão (kV)	Código intrínseco	Tensão (kV)
A	765	4	46
6*	750	J	44
B	525	K	34,5
C	500	K	34
D	440	L	23
E	345	N	20
U	289	8	18
F	230	7	16,5
S	161	M	13,8
G	138	X	13,4
T	115	Z	13
H	88	P	11
I	69	R	6,9
V	66	R	6
W+	99	3+	1
Y+	999		

* Tensão adotada pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE)

+ Tensões Fictícias: 99 geradores; 999 nó fictício de transformador de três enrolamentos; 3 nó fictício auxiliar (e.g. reatores, capacitores, etc).

Nos diversos estudos de planejamento do SIN também são encontradas tensões atípicas, sendo estas apresentadas na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Tensões Atípicas usadas em Estudos de Planejamento do SIN

Tensão (kV)	Tensão (kV)	Tensão (kV)	Tensão (kV)
220	18,3	11,9	6,3
132	17,5	11,5	5
40	16	11,4	3,8
33	15	10,5	3,3
30	14,5	10	2,4
26	14,4	9,8	2,3
25	13,5	8,6	0,5
22	13,2	8	0,4
21	12,3	7,2	0,2
19	12	6,6	

A ferramenta computacional *Anatopo (versão 1.0)* somente identifica as tensões definidas na Tabela 3.5, no entanto é realizado um processo de aproximação se uma tensão candidata difere destas tensões (por exemplo: tendo a tensão candidata de 18,5 kV, será identificado 18 kV por aproximação).

Na Figura 3.6, é apresentado um fluxograma com os processos realizados por esta metodologia. Como entrada, é utilizado um caso base que contém a configuração da rede elétrica, seja para estudos de fluxo de potência ou curto-circuito. Em seguida, é realizada uma extração dos caracteres ou agrupamentos de caracteres que serão úteis para identificar a tensão do nó. Essa extração é feita da cadeia de caracteres que contém o nome da barra.

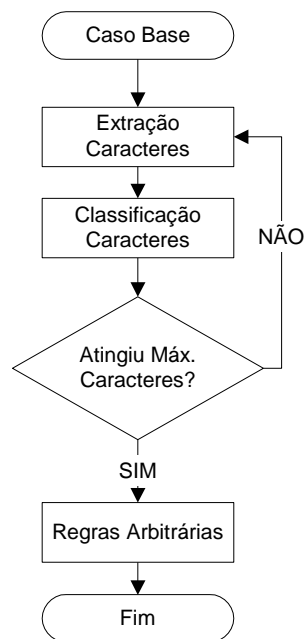


Figura 3.6 – Fluxograma Identificação via Caracteres do Nome da Barra

Após a extração, é realizada uma classificação dos caracteres que podem ser caracteres chave, tensões candidatas ou tensões típicas. Finalmente, são aplicadas regras arbitrárias, classificadas como absoluta ou dependente. A regra absoluta diz respeito aos casos em que são encontrados unicamente caracteres chave ou uma tensão típica. A regra dependente diz respeito aos casos em que são encontrados vários caracteres chave ou varias tensões típicas ou unicamente tensões candidatas. Para melhor entendimento do leitor é apresentada na Figura 3.7 o pseudocódigo alicerce desta metodologia.

```

Procedimento MetodoCaracteres(X[], IniVet, FimVet)
i, j, ChTenCand[], ChTenTip[], ChChave[]
inicio
i = IniVet
j = FimVet
enquanto (i <= FimVet) faça
inicio
    se CharENum(X[i]) então
    inicio
        se (CharETenTipica(X[i])) então
        inicio
            ChTenTip[i] = X[i]
        fim
        se (CharETenCandidata(X[i])) então
        inicio
            ChTenCand[i] = X[i]
        fim
    senão
        ChChave[i] = ValidaChave(X[], i, FimVet)
    fim
    i = i + 1
fim
se (TemTensao(ChTenTip[], ChTenCand[]) e TemChave(ChChave[])) então
inicio
    RegraDependente(ChTenTip[], ChTenCand[], ChChave[])
senão
    RegraAbsoluta(ChTenTip[], ChTenCand[], ChChave[])
fim

```

Fig. 3.7 – Pseudocódigo da Identificação via Caracteres do Nome da Barra

O procedimento *MetodoCaracteres* da Figura 3.7 recebe o vetor de caracteres “X[]” e desagrega o mesmo em: (i) Vetor de Tensões Candidatas “ChTenCand[]” (ii) Vetor de Tensões Típicas “ChTenTip[]” e (iii) Vetor de Caracteres Chave “ChChave[]”. As funções que validam se o caractere é um número, tensão típica, tensão candidata e caractere chave são “CharETenTipica()”, “CharTenCandidata()” e “ValidaChave()” respectivamente; no entanto, as funções “TemTensao()” e “TemChave()” verificam a existência de tensões (tensões candidatas e/ou tensões típicas) e caracteres chaves. Por último as regras dependentes e absolutas são implementadas nas funções “RegraDependente()” e “RegraAbsoluta()”.

Por exemplo: seja uma barra com nome “CORUM17_21GR”. Neste caso encontram-se caracteres classificados como tensões candidatas (17, 21) e unicamente um caractere chave (GR).

Como os valores numéricos das tensões candidatas não se enquadram nos valores da Tabela 3.5 e, além disso, ocorre a presença dos caracteres "GR", a lógica adotada interpreta que se trata de uma barra de geração, à qual é arbitrariamente atribuída o valor fictício de tensão igual a 99 kV. Outros exemplos são apresentados na Figura 3.8, utilizando o formato dos dados de barra do programa Anarede [5].

DBAR											
(Num)	OETGb	(nome)	G1	(V)	(A)	(Pg)	(Qg)	(Qn)	(Qm)	(Bc)	(P1) (Q1) (Sh) Are (Vf)
10	L1	WANGRA-765	-GR	81000-69.	650.	.9377	-211.	414.		32.15.49	441000
11	L1	WANGRA-750	-GR	81000-69.	1350.	222.	1-600.	600.			441000
12	L1	WLCBARRET-500		81000-44.	1015.	-117.	-540.	420.			11000
13	L1	138BARRET-CST		81030-49.	0.	0.	0.	0.			11000
14	L1	WFUNIL-115	-GR	81020-80.	65.	7.847	-50.	50.		1.14 0.	11000
15	L1	WFUNI-440	--GR	81020-80.	131.	15.96	-100.	100.			11020
16	L1	WFURNAS-138	GR	81000-50.	1207.	-122.	-720.	480.			11000
17	L1	WFU289	S---PUT	81030-57.	0.	0.	0.	0.			11000

Figura 3.8 – Lista de Barras identificadas pelo nome

A debilidade potencial dessa metodologia advém do uso de nomenclatura inapropriada para a denominação das barras.

b) Método de Identificação via Dicionário de Barras

A identificação via dicionário de barras (DB) é baseada na utilização de um arquivo auxiliar (*dicionário*) que contém uma lista das barras sistemas com diversos atributos, tais como nome, número e tensão. Assim, assume-se que tal dicionário esteja disponível ao usuário.

A Figura 3.9 apresenta o fluxograma desta metodologia, onde se observa como processo principal a busca da barra a ser identificada no arquivo externo. Cabe mencionar que a busca pode ser baseada em diferentes atributos do nó, (*e.g.* nome).

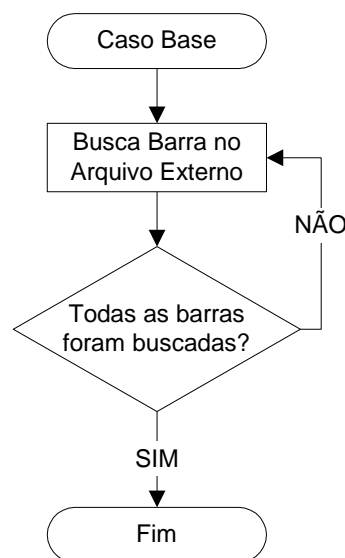


Fig. 3.9 - Fluxograma Identificação via Dicionário de Barras

Nessa metodologia de identificação podem ocorrer situações nas quais o número da barra é identificado no dicionário, mas o nome é diferente do registrado. O grau de

credibilidade dado ao dicionário é decidido pelo usuário, podendo ser estabelecido por escala numérica.

Essa metodologia apresenta a desvantagem de exigir a constante manutenção e atualização do próprio dicionário. Entretanto, seu uso é justificado porque é comum a existência de muitas discrepâncias entre o valor da tensão real da barra, o eventual código numérico usado e as indicações extraíveis do próprio nome da barra. Assim, o uso cumulativo de todas as informações disponíveis propicia a elaboração de uma regra de decisão baseada em votação simples ou votação ponderada, de acordo com a experiência do usuário.

A debilidade potencial dessa metodologia advém de erros introduzidos pelo usuário, aliada a constante necessidade de manutenção do dicionário (eliminações ou acréscimos). Por outro lado, caso o dicionário seja montado após o processamento das demais metodologias aqui tratadas, obter-se-á um alto grau de robustez.

c) Método de Identificação via Código Intrínseco Opcional da Lista Investigada

A identificação via código intrínseco opcional (CIO) assume a possibilidade de que a própria lista de nós (barras), cujas tensões se deseja identificar, já contenha informações sobre essas mesmas tensões. Por exemplo, a lista de barras pode conter um atributo com o valor nominal da tensão da barra ou ainda com um código que identifique um determinado grupo base de tensão ao qual aquela barra pertence. O grau de credibilidade desse campo também pode ser opcionalmente definido pelo usuário, existindo a possibilidade de que ele defina este campo de acordo com os códigos intrínsecos mencionados na Tabela 3.5. A Figura 3.10 mostra o fluxograma desta metodologia.

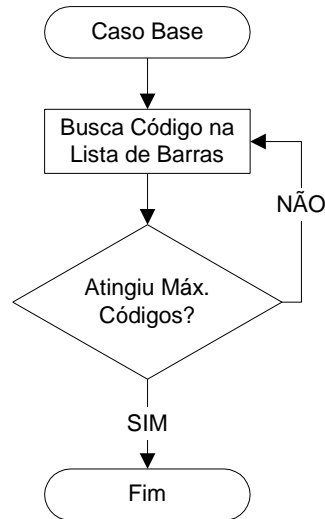


Fig. 3.10 - Fluxograma Identificação via Código Intrínseco Opcional

O valor da tensão ou o código intrínseco são atributos usuais nos aplicativos de análise de rede. Por exemplo, no programa Anarede, os dados de barra incluem o código do grupo base de tensão, o qual é declarado através do comando DGBT [5]. Embora, nos aplicativos de análise de faltas simultâneas, como o programa Anafas, este código pode ser substituído através do campo VBASE [30].

A debilidade potencial dessa metodologia advém do uso errôneo, omissão ou discrepância entre os códigos identificadores usados por diferentes usuários.

d) Método de Identificação de Conectividade Coerente de Tensões

A identificação via conectividade coerente de tensões (CCT) parte do pressuposto que barras com tensões idênticas são conectadas por linhas de transmissão, enquanto que barras com tensões diferentes ligam-se por transformadores. Denominam-se como “malha” os conjuntos de barras conectadas com a mesma tensão. Denominam-se como “ilhas” os conjuntos de barras conectadas entre si por meio de linhas ou transformadores. Malhas e ilhas são ilustradas na Figura 3.5.

Nota-se que uma “ilha” pode ter diversas tensões ou uma única tensão, ou seja, uma “ilha” pode conectar várias “malhas”. Assim, a metodologia depende da identificação prévia da natureza de todos os ramos da topologia sob análise (*i.e.* quais ramos são linhas e quais ramos são transformadores). Observa-se que essa premissa garantiria apenas que certos conjuntos de barras devem ter a mesma tensão, porém o simples mapeamento de todas as conexões não é suficiente para a determinação do valor numérico das tensões.

Entretanto, para cada conjunto de barras identificado com a mesma tensão, esse problema pode ser resolvido se for informada a tensão de uma única barra, definida como “barra semente”, sendo esta a responsável pela identificação desse determinado grupo de barras. Este processo, apelidado de “dispersão por conectividade” é parte importante da metodologia global de identificação ilustrada no fluxograma da Figura 3.11. Cabe ressaltar que nos aplicativos de análise de faltas simultâneas, como o programa Anafas; desconsideram-se todas as conexões com a barra comum (referência, usualmente numerada com “0”), devido às anomalias que causaria nesta metodologia.

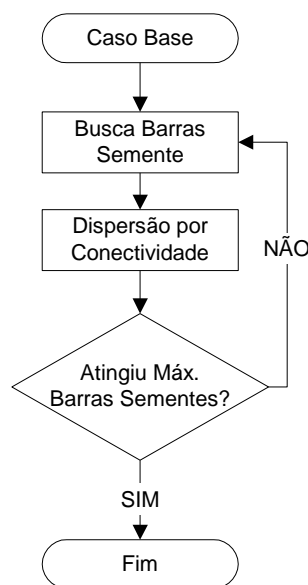


Fig. 3.11 - Fluxograma Identificação via Conectividade Coerente de Tensões

Na Figura 3.12 é apresentado o pseudocódigo do método, onde o procedimento “*MetodoConectividade*” recebe como parâmetros o grafo que representa a rede elétrica “*Grafo[]*” e as sementes inseridas pelo usuário “*Sem[]*”. O processo inicia-se pela função “*IdentTrafo()*”, a qual se encarrega de identificar os transformadores “*Trafos[]*”, logo depois procede-se à busca em profundidade, onde a pilha “*Pilha[]*” se encarrega de armazenar, extrair e verificar os vizinhos de um nó através das funções “*InPilha()*”, “*OutPilha()*” e “*TemDadoPilha()*” respectivamente.

A função “*AgruparVizinhos()*” encarrega-se de definir os limites do vetor “*Vizinhos[]*”, identificar os vizinhos do nó que neste procedimento é representado pela variável “*ptVizinho*” e utilizar os transformadores identificados para delimitar a malha “*malha*”. Por último a função “*AtualizaTenMalha()*”, encarrega-se de atualizar tanto a tensão do nó, como as malhas identificadas.


```

Procedimento MetodoConectividade(Grafo[], IniGraf, FimGraf, Sem[],
                                IniSem, FimSem)
i, j, k, l, malha, Pilha[], Vizinhos[], IniVizinho, FimVizinho,
Trafos[], IniTrafo, FimTrafo
inicio
i = IniGraf
j = FimGraf
k = IniSem
l = FimSem
Trafos[] = IdentTrafo(IniTrafo, FimTrafo)
//Busca em Profundidade
enquanto (k <= FimSem) faça
inicio
    enquanto (i <= FimGraf) faça
    inicio
        se (Grafo[i]%No = Sem[k]%No) então
        inicio
            Grafo[i]%No%Ten = Sem[k]%Ten
            Grafo[i]%No%Malh = malha
            malha = malha + 1
        fim
    fim
    se (k < FimGraf) então
    inicio
        InPilha(Pilha[], k)
        enquanto (TemDadoPilha(Pilha[])) faça
        inicio
            ptVizinho = OutPilha()
            Vizinho[] = AgrupaVizinhos(IniVizinho, FimVizinho,
                                     ptVizinho, Trafos[], IniTrafo, FimTrafo)
            m = IniVizinho
            enquanto (m <= FimVizinho) faça
            inicio
                InPilha(Pilha[], m)
                AtualizaTenMalha(Vizinho[m], Sem[k], malha)
            fim
        fim
    fim
    fim
    k = k+1
fim

```

Fig. 3.12 – Pseudocódigo da Identificação via Conectividade Coerente de Tensões

A debilidade potencial dessa metodologia decorre da eventual modelagem errônea de linhas e transformadores (e.g. transformadores cujos tapes foram omitidos, linhas com inserção indevida de tapes, ausência de ao menos uma semente para cada malha do sistema). Observa-se que se for disponível uma lista de sementes abrangendo todas as malhas do sistema e a representação de linhas e transformadores estiver correta, essa metodologia será capaz de identificar todas as tensões de todos os nós. Uma outra desvantagem dessa metodologia situa-se na necessidade de prover sementes para os terciários dos transformadores de três enrolamentos.

e) Método de Identificação Híbrida Inteligente

Com o objetivo de aumentar o potencial de identificação das tensões, foi desenvolvida uma metodologia híbrida inteligente (HI) que combina as metodologias

anteriores. Portanto, a metodologia híbrida é dividida em duas etapas: inicialmente, é realizada a identificação das tensões em cada uma das metodologias (CNB, DB, COI e CCT) escolhidas pelo usuário, considerando que deve-se escolher pelo menos uma metodologia. Na etapa seguinte, a identificação final da tensão é realizada por meio de regras especialistas. Foi elaborado um total de 11 regras, descritas a seguir e apresentadas em ordem de precedência (de forma que, se a primeira regra não obtiver sucesso, se procederá à regra imediatamente posterior). Para melhorar o entendimento, a Tabela 3.6 exemplifica cada regra apresentada.

- *Regra 1:* Ao se identificar os níveis de tensão pelas metodologias descritas anteriormente, escolhe-se a identificação mais frequente, desde que esta ocorra, no mínimo, em quatro das metodologias;
- *Regra 2:* Esta regra somente é utilizada se forem identificadas tensões diferentes em todas as metodologias. Neste caso, se na metodologia CNB identifica uma tensão que define uma barra fictícia, esta é considerada a tensão do nó;
- *Regra 3:* Ao se identificar os níveis de tensão pelas metodologias descritas anteriormente, escolhe-se a identificação mais frequente, desde que esta ocorra, no mínimo, em duas das metodologias e que seja uma tensão típica (Tabela 3.5);
- *Regra 4:* Ao se Identificar os níveis de tensão pelas metodologias descritas anteriormente, escolhe-se a identificação mais frequente, desde que esta ocorra, no mínimo, em duas das metodologias, sendo uma das metodologias CNB e a outra sendo DB ou CIO;
- *Regra 5:* Em um cenário onde todas as tensões identificadas são diferentes e a tensão identificada por CNB representa uma barra de geração e ainda, ou na metodologia DB ou na metodologia CIO identificou-se um valor típico (Tabela 3.5), escolhe-se como tensão da barra o valor típico identificado;
- *Regra 6:* Em um cenário onde todas as tensões identificadas são diferentes e encontram-se duas tensões típicas (Tabela 3.5), sendo uma identificada por CNB e a outra identificada por CIO ou DB, considera-se a maior tensão típica identificada, desde que a diferença entre as duas tensões típicas seja menor do que 1.
- *Regra 7:* Ao se identificar os níveis de tensão pelas metodologias descritas anteriormente, escolhe-se a identificação mais frequente, desde que esta ocorra, no mínimo, em duas das metodologias e não sejam tensões típicas;

- *Regra 8*: Em um cenário onde todas as tensões identificadas são diferentes, caso tenham sido identificadas duas tensões típicas (Tabela 3.5), considera-se como tensão do nó aquela identificada por CNB ou, caso CNB não tenha identificado uma tensão típica, considera-se a maior tensão típica identificada;
- *Regra 9*: Em um cenário onde todas as tensões identificadas são diferentes e há apenas uma tensão típica (Tabela 3.5), considera-se como tensão do nó a tensão típica identificada;
- *Regra 10*: Esta regra somente é utilizada se forem identificadas tensões diferentes em todas as metodologias, nenhuma tensão identificada seja típica (Tabela 3.5) e ainda, a tensão identificada por CNB seja uma tensão que defina uma barra de geração. Neste caso, considera-se como tensão do nó a tensão identificada por CNB;
- *Regra 11*: Esta regra somente é utilizada se forem identificadas tensões diferentes em todas as metodologias e nenhuma tensão identificada seja típica (Tabela 3.5). Neste caso, considera-se como tensão do nó àquela identificada como barra de geração ou barra fictícia.

Tabela 3.6 – Exemplificação das Regras da Metodologia Híbrida Inteligente

<i>Regra</i>	<i>CNB (kV)</i>	<i>DB (kV)</i>	<i>CIO (kV)</i>	<i>CCT (kV)</i>	<i>HI (kV)</i>
1	<u>345</u>	<u>345</u>	230	<u>345</u>	345
2	999 ²	345	230	138	999²
3	<u>230</u>	13	380	<u>230</u>	230
4	<u>345</u> <u>13</u>	<u>345</u> 750	230 <u>13,8</u>	128 525	345 13,8
5	<u>99</u> ¹ <u>99</u> ¹	<u>13</u> 9	6 <u>11</u>	15 6,9	13 11
6	<u>34</u> <u>13</u>	<u>34,5</u> 10	33 <u>13,8</u>	28 17	34,5 13,8
7	<u>125</u>	<u>125</u>	65	42	125
8	154 <u>345</u>	<u>230</u> 125	75 13,1	<u>138</u> <u>440</u>	230 345
9	125	<u>69</u>	65	42	69
10	<u>99</u> ¹	125	65	42	99¹
11	<u>99</u> ¹ 31	125 34,2	65 <u>999</u> ²	42 13,7	99¹ 999²

¹ Tensão que representa a identificação de uma barra de geração.² Tensão que representa a identificação de uma barra fictícia.

As regras mencionadas anteriormente foram utilizadas no programa *Anatopo (versão 1.0)* e estão sujeitas a evoluções oriundas da experiência do usuário. Também é importante ressaltar que a ordem das mesmas indica a sua hierarquia.

Na Figura 3.13 mostra-se o fluxograma com os principais processos da metodologia híbrida inteligente. O bloco de regras pode ser considerado o alicerce funcional desta metodologia. A metodologia híbrida pode ser utilizada como base para a posterior obtenção de um dicionário com um alto grau de depuração e credibilidade.

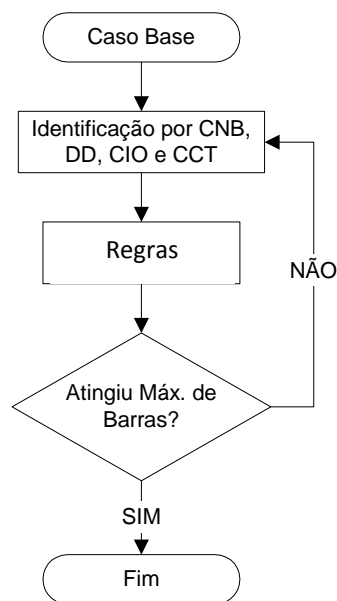


Fig. 3.13 - Fluxograma Identificação Híbrida Inteligente

3.4.2 Ordenador

Este módulo é encarregado de reordenar as barras que conformam a rede elétrica por meio de diferentes atributos identificados (*e.g.* numeração das barras, níveis de tensão, área elétrica, etc.). Na implementação deste módulo foi utilizado o método de ordenação *Quicksort* [33], ilustrado na Figura 3.12. Os atributos a serem reordenados foram classificados por: (i) atributos numéricos, (ii) atributos alfabéticos, (iii) atributos mistos; informando-se que a primeira e a segunda classificações utilizam fidedignamente o método de ordenação *Quicksort*. Para a terceira classificação foi preciso adicionar alguns passos:

- *Passo 1:* Separar os caracteres do atributo em: lista de caracteres numéricos e lista de caracteres alfabéticos. Por exemplo: O atributo “*_ITAIPU (50 E 60 HZ)_*”

será dividido em duas listas: (i) “*ITAIPUEHZ*” e (ii) “*5060*”, desconsiderando-se qualquer outro tipo de caracteres.

- *Passo 2*: Unir a lista de caracteres numéricos com a lista de caracteres alfabéticos priorizando as primeiras posições ocupadas anteriormente. Considerando o exemplo anterior, o atributo resultante é: “*ITAIPU50E60HZ*”.

```

procedimento QuickSort(X[], IniVet, FimVet)
var
  i, j, pivo, aux
início
  i <- IniVet
  j <- FimVet
  pivo <- X[(IniVet + FimVet) div 2]
  repita
    enquanto (X[i] < pivo) faça
      início
        i <- i + 1
      fim
    enquanto (X[j] > pivo) faça
      início
        j <- j - 1
      fim
    se (i <= j) então
      início
        aux <- X[i]
        X[i] <- X[j]
        X[j] <- aux
        i <- i + 1
        j <- j - 1
      fim
    até_que (i > j)
    se (j > IniVet) então
      início
        QuickSort(X, IniVet, j)
      fim
    se (i < FimVet) então
      início
        QuickSort(X, i, FimVet)
      fim
  fim

```

Figura 3.14 – Algoritmo do Método de Ordenação *Quicksort* [33]

Na Figura 3.14 ilustra-se o algoritmo de ordenação *Quicksort*, o qual é caracterizado pela sua natureza recursiva. Também, neste algoritmo pode-se mencionar que: “*X[]*” representa o conjunto de dados a serem ordenados em forma de vetor; “*IniVet* e *FinVet*” os apontadores inicial e final, respectivamente; “*pivo*” é apontador de referência, que divide o vetor em duas partes; e “*i* e *j*” os apontadores que percorrem o vetor.

3.4.3 Renumerador Simples

Este módulo é utilizado para renumerar só e unicamente uma topologia de rede elétrica. São utilizados vários tipos de renumerações, as quais são descritas a seguir:

a) Sequencial Simples

Nesta, a numeração é feita com ou sem intervalos e geralmente é utilizada para definir a primeira numeração. No desenvolvimento da renumeração sequencial simples foi utilizado um simples algoritmo que utiliza três dados fornecidos pelo usuário: (i) número inicial, (ii) intervalo e (iii) número final.

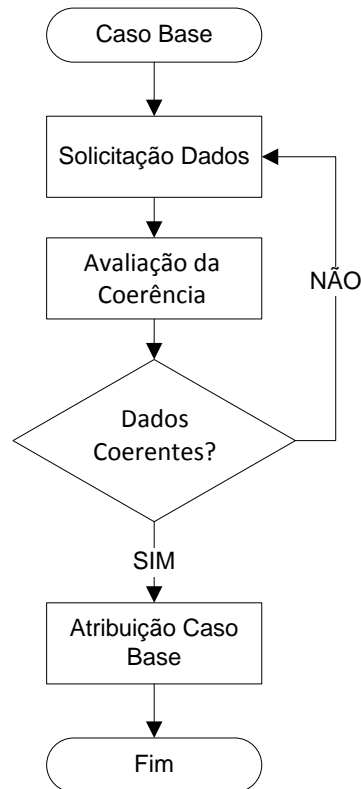


Figura 3.15 – Fluxograma Renumeração Sequencial Simples

A Figura 3.15 ilustra por meio de um fluxograma o algoritmo mencionado. A *Solicitação de Dados* refere-se à inserção dos três dados necessários para este tipo de renumeração; a *Avaliação da Coerência*, é utilizada para comprovar a relação dos intervalos com os números inicial e final; e *Atribuição Caso Base*, representa a nova numeração do caso base em si.

b) Aleatória

Esta alternativa se refere à utilização de algoritmos randômicos para a atribuição de uma nova numeração. Na implementação deste tipo de renumeração foi utilizado o algoritmo randômico RANDOM, o qual se baseia no tempo registrado no computador. No desenvolvimento do aplicativo, definiu-se especificamente a utilização

dos milissegundos registrados no computador. Este algoritmo, pode ser chamado por meio das funções “*SEED e RANDOM*” da biblioteca *IFPORT* do FORTRAN 10 [34].

c) Hierárquica de Agregados

Nesta alternativa, a renumeração é feita através de definições hierárquicas para atributos definidos pelo usuário. Os atributos utilizados pelo programa *Anatopo (versão 1.0)* são:

- *conectividades (i.e. identificando sistemas isolados);*
- *níveis de tensão (maior tensão, menor tensão, rede básica);*
- *pertinências geográficas (país, regiões, estados, áreas);*
- *pertinências comerciais;*

Ao implementar esta renumeração foi preciso identificar os grupos de atributos mencionados anteriormente, sendo que: **(i)** para o grupo de atributos de conectividades, foram utilizadas funções próprias da identificação via conectividade coerente de tensões (vide Seção 3.4.1.d), **(ii)** para o grupo de atributos níveis de tensão, foi utilizado o método de identificação de tensões utilizado (vide Seção 3.4.1) e **(iii)** para os grupos de atributos pertinências geográficas e comerciais, foram utilizados os dados fornecidos nos arquivos de entrada. Nestes grupos, foi preciso utilizar algoritmos de extração de dados, como é ilustrado na Figura 3.16.

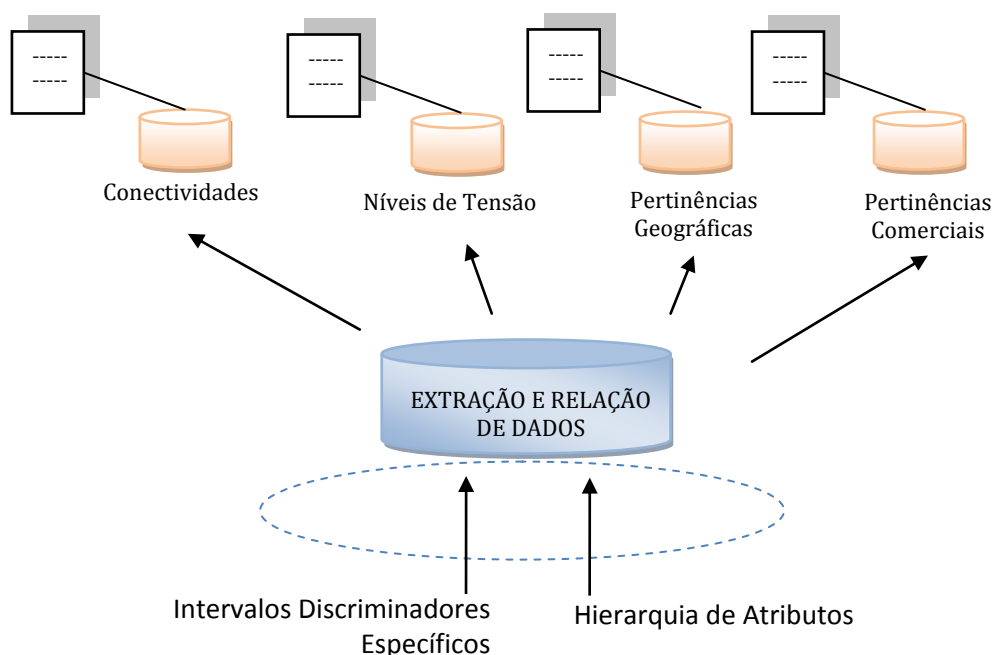


Figura 3.16 – Renumeração Simples (Hierárquica de Agregados)

Na Figura 3.16 considera-se a *Extração e Relação de Dados* como o processo de implementação mais importante na renumeração de dados. Conhecendo-se os *Intervalos Discriminadores Específicos* (faixas de números que irão identificar os barramentos da rede elétrica) e a *Hierarquia de Atributos* (ordem de prioridade para a renumeração), é possível a numeração hierárquica por agregados. Algumas alterações desta numeração podem ser definidas por meio de alocações arbitrárias, as quais são predefinidas pelo programa *Anatopo (versão 1.0)* do modo a seguir:

- i. *Alocação Sequencial*: nesta, determina-se o número de barras do caso em estudo e posteriormente atribui-se a este, intervalos (seja por números nobres ou através da quantidade de dígitos) respeitando a hierarquia definida pelo usuário;
- ii. *Alocação proporcional ao tamanho dos agregados*: também considerada como alocação automática, os intervalos separadores são definidos em função da maior quantidade de dados fornecidos pelo usuário para um determinado grupo de atributos;
- iii. *Alocação híbrida*: nesta, podem ser utilizados todas as relações identificadas no processo de *Extração e Relação de Dados*; sendo preciso fornecer intervalos e hierarquias para que a renumeração seja completada.

A representação dos processos desta renumeração através de fluxograma é ilustrada na Figura 3.17.

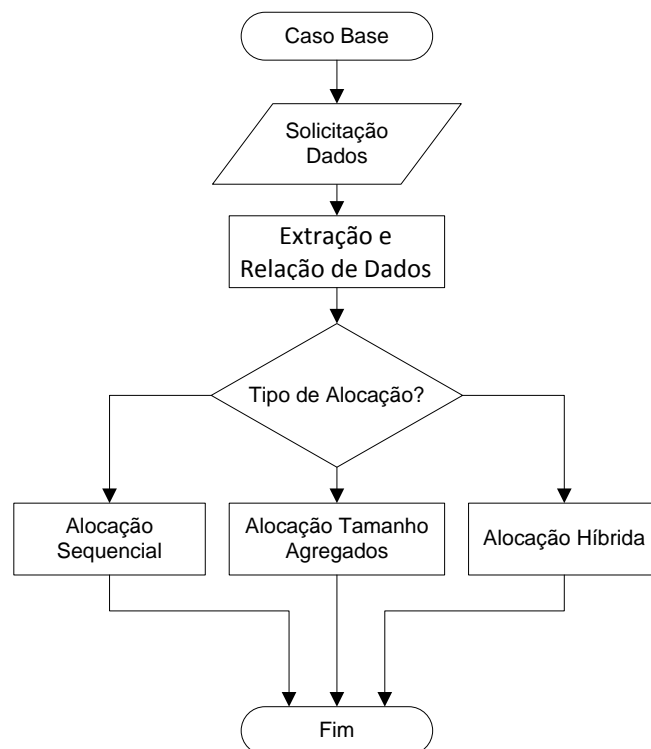


Figura 3.17 – Fluxograma Renumeração Simples (Hierárquica de Agregados)

3.4.4 Comparador

Este módulo baseia-se na comparação de duas topologias já devidamente identificadas e ordenadas (vide Seções 3.4.1 e 3.4.2). Neste módulo, foi implementada a identificação de coincidências.

Na identificação de coincidências admitem-se dois tipos de operação: **(i)** semi-automática, onde o tratamento baseia-se tão-somente na detecção de coincidências existentes nas incidências do grafo, sendo estas previamente montadas com base no mesmo critério de ordenação; **(ii)** intervenção parcial do usuário, onde o usuário fornece uma lista reduzida de barras coincidentes nas duas topologias. Para entendimento do leitor, a implementação deste módulo é representada a través do fluxograma da Figura 3.18.

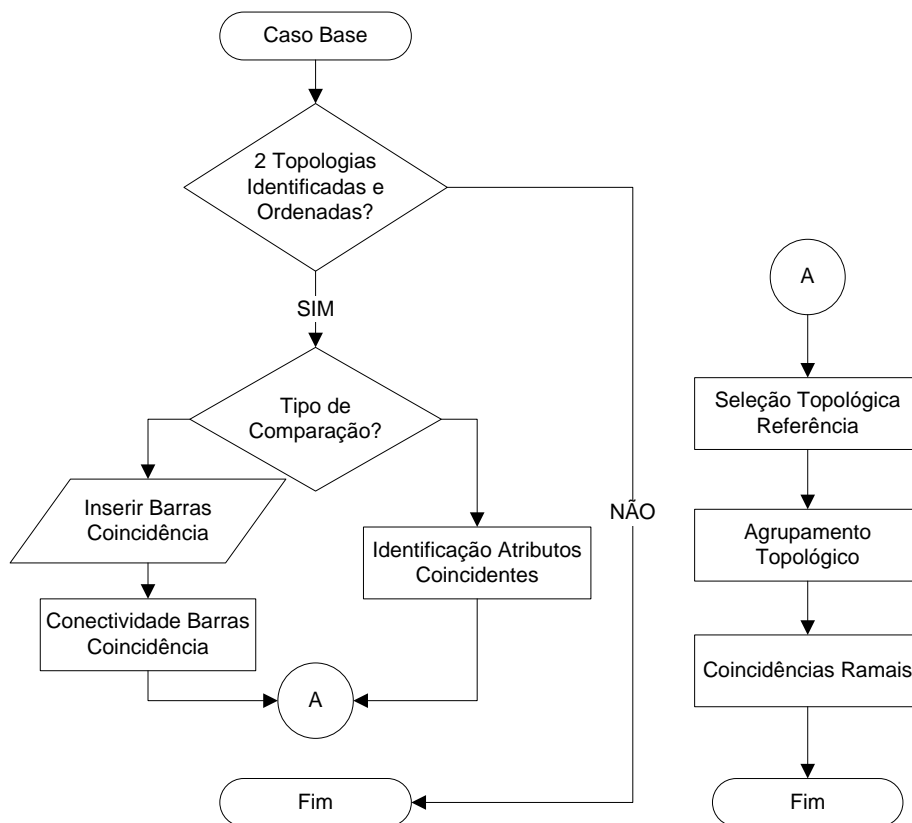


Figura 3.18 – Fluxograma Módulo Comparador

Nos processos apresentados na Figura 3.18, cabe mencionar que o módulo comparador só trabalha quando já foram identificadas duas topologias, e além disso, estas já encontram-se devidamente ordenadas por um mesmo tipo de ordenação. Também é conveniente mencionar que os dois tipos de comparação estão basicamente diferenciados através dos processos: **(i)** *Identificação Atributos Coincidentes*, cumprindo a função de

identificar automaticamente atributos iguais das duas topologias utilizadas e **(ii) Conectividade Barras Coincidência**, destacando as barras de coincidência inseridas pelo usuário. Neste caso tenta-se identificar as coincidências de acordo com a conectividade das Barras Coincidência.

A *Seleção Topológica Referência* determina a topologia a ser utilizada como base na comparação (o programa propõe ao usuário a topologia de referência, mas a decisão é determinada pelo usuário). O *Agrupamento Topológico* encarrega-se de selecionar diferentes grupos de barramentos agrupados por algum atributo (*e.g.* níveis de tensão, ilhas, malhas, áreas, etc.), e logo depois compara estes agrupamento por agrupamento. O bloco *Coincidências Ramais*, refere-se à comparação das linhas identificadas nas duas topologias, ressaltando a importância aos transformadores, por meio das quais é possível diferenciar até a mesma topologia.

Com o propósito de quantificar as similaridades entre duas topologias é definido o *grau de similaridade*, o qual, utiliza valores inteiros de 0 a 5 para amostrar até que ponto duas topologias podem ser semelhantes, sabendo que quanto maior o grau maior a similaridade. Cabe ressaltar que dito grau de similaridade é concebida no bloco *Identificação Atributos Coincidentes* e é obtido através da comparação de 3 listagens: *(i)* lista de nós *(ii)* lista de ramos e *(iii)* lista de radiais.

3.4.5 Renumerador Duplo

Este módulo renombra duas topologias já previamente submetidas ao módulo comparador. A renumeração é utilizada para identificar coincidências. Para este módulo, é preciso definir uma topologia referência para poder selecionar novas numerações, as quais estão baseadas nas tipologias de renumeração simples (vide Seção 3.4.3). A implementação deste módulo pode ser dividida nos processos mencionados a seguir:

a) Definição da Topologia de Referência; decisão própria do usuário, sendo que, este é ciente das coincidências das duas topologias previamente estabelecidas no módulo comparador.

b) Numeração de Barras Coincidentes; todas aquelas barras de identificação similar nas duas topologias têm a maior prioridade no momento de definir a futura numeração. Nesta, também podem definir-se as possíveis barras pétreas da topologia (vide Seção 1.3).

c) Tipos de Numeração; considerando-se os barramentos das duas topologias como um só agrupamento, são utilizados os tipos de renumeração simples.

3.4.6 Relacionamento e Renomeador de Barras

É um módulo que faz a relação entre nomes e números de duas listas distintas ou promove a atribuição de novos nomes às barras do sistema, consoante um conjunto de regras definidas pelo usuário. A primeira função é útil na situação na qual duas empresas diferentes identificam o mesmo sistema de forma diferenciada. Essa relação nada mais é do que uma espécie de “tradutor” que interpreta a nomenclatura de barras e códigos numéricos usados por empresas que eventualmente não abrem mão de suas codificações internas (nome e número de barra), em prol de uma uniformidade de representação. A segunda função promove, em uma das listas, a alteração de nomes e/ou números das barras comuns a ambas, tomando a outra das listas como paradigma. Obviamente, a alteração conjunta de nome e número resultará numa única lista, caso os dois sistemas representados sejam topologicamente idênticos.

3.5 ARQUIVOS DE SAÍDA

O devido processamento dos módulos mencionados anteriormente considera a necessidade da criação ou modificação de arquivos que apresentem os resultados obtidos pela funcionalidade da ferramenta computacional *Anatopo (versão 1.0)*. Consideram-se como arquivos de saída os arquivos a seguir:

3.5.1 Arquivos de Entrada Modificados

Considera-se esta classificação para os arquivos de entrada utilizados para estudos de fluxos de potência e curto-circuito. O conteúdo de cada um destes arquivos mantém os atributos que não intervêm na definição topológica da rede elétrica. No entanto, os atributos utilizados nos módulos funcionais do programa *Anatopo (versão 1.0)* podem ser modificados.

3.5.2 Arquivos Relatório

Estes arquivos contêm listagens solicitadas pelo usuário, apresentando em todas elas resultados de alguma funcionalidade oferecida pelo programa *Anatopo (versão 1.0)*.

Dentro das listagens mencionadas, pode-se mencionar: listagens de barramentos por atributos (*e.g* níveis de tensão, área, estado, região, etc.), listagens das coincidências topológicas, listagens de áreas, etc.

3.6 SUMÁRIO

Neste capítulo, apresentaram-se aspectos da implementação do protótipo computacional *Anatopo (versão 1.0)*, com as funcionalidades dos módulos: *Identificação, Estatística e Diagnose; Ordenador; Renumerador Simples; Comparador; Renumerador Duplo e Relacionador e Renomeador*.

* * *

CAPÍTULO IV

APLICAÇÃO E RESULTADOS

INTRODUÇÃO

Neste capítulo, apresenta-se a análise dos resultados obtidos na utilização da ferramenta computacional *Anatopo (versão 1.0)*, a qual foi posta à prova com uma diversidade de sistemas elétricos, sendo estes definidos tanto por dados arbitrários quanto por dados reais do Sistema Interligado Nacional (SIN).

RELAÇÃO DE EXPERIMENTOS

As funcionalidades do programa *Anatopo (versão 1.0)* serão demonstradas sob a forma de experimentos, os quais agrupam diversos requisitos do usuário. A Tabela 4.1 descreve estes experimentos.

Tabela 4.1 – Relação de Experimentos

Experimento 1	<i>Obter a estrutura topológica dos sistemas-teste.</i>
Experimento 2	<i>Identificar as tensões dos sistemas- teste.</i>
Experimento 3	<i>Promover diversos tipos de ordenação nodal consoante aos atributos desejados pelo usuário.</i>
Experimento 4	<i>Promover diversos tipos de renumeração nodal consoante os atributos desejados pelo usuário.</i>
Experimento 5	<i>Promover comparação de duas topologias sob o ponto de vista de identificação de coincidências (apenas com intervenção do usuário).</i>
Experimento 6	<i>Renumerar duas topologias ou uma das topologias.</i>
Experimento 7	<i>Obtenção do tradutor topológico (nomes e números) entre arquivos distintos.</i>

SISTEMAS-TESTE UTILIZADOS

A demonstração operacional do aplicativo será feita usando os sistemas-teste listados na Tabela 4.2 e detalhados nos Apêndices A e D. Os resultados para os três primeiros testes são destacados porque tratam-se de sistemas de pequeno porte que permitem uma avaliação direta comprobatória por parte do analista.

Tabela 4.2 – Informações sobre os Sistemas-Teste

Sistemas-Teste	Nº Barras	Base Dados	Característica	Data Criação	Nome Arquivo	Experimentos
S-Teste 1	15	Fluxo Potência	Fictício	DEZ-09	SisFic15BAR	1,2,5,6,7
S-Teste-2	33	Fluxo Potência	Fictício (STB-33)	OUT-07	SisFic33BAR	1,2,3,4,5
S-Teste-3	58	Fluxo Potência	Fictício	FEV-10	SisFic58BAR	1,2
S-Teste-4	2220	Fluxo Potência	SIN - Base CNOS Contexto TR (origem ONS / tempo-real)	JAN-10	ANA-13-JAN-2010	1,2
S-Teste-5	4194	Fluxo Potência	SIN - 63.400 MW (origem Blecaute 10/11/2009)	NOV-09	BLECAUTE	1,2
S-Teste-6	5929	Fluxo Potência	SIN – Pesada Ciclo 18 e 19 do Norte Exportador (origem EPE)	SET-09	EPE19NE	1,2
S-Teste-7	4982	Fluxo Potência	SIN – PAR 10-13 Pesada (origem ONS / planejamento)	OUT-09	AS13P	1,2
S-Teste-8	5084	Fluxo Potência	SIN – PAR 11-14 Pesada (origem ONS / planejamento)	FEV-10	AS14P	1,2
S-Teste-9	4293	Fluxo Potência	SIN - PAR 09-12 Pesada (origem ONS / operação)	JAN-09	D09-M10P	1,2
S-Teste-10	4202	Fluxo Potência	SIN – Mensal Pesada (origem ONS / operação)	DEZ-09	DEZ09MP	1,2
S-Teste-11	8607	Curto-circuito	SIN – Configurado para Dez-09 (origem ONS)	FEV-09	BR0912PQ	1,2

Para o melhor entendimento do leitor, selecionou-se uma determinada quantidade de Sistemas-Teste a serem utilizados em cada um dos experimentos (vide Tabela 4.2) e para o acompanhamento passo a passo, os diagramas dos Sistemas-Teste 1, 2 e 3 são apresentados nas Figuras 4.1 a 4.6. Para cada Sistema-Teste são apresentados os diagramas unifilares tradicionais (vide Figuras 4.1, 4.3 e 4.5) e os respectivos diagramas topológicos (vide Figuras 4.2, 4.4 e 4.6). O objetivo desses novos diagramas é facilitar o entendimento dos processos de identificação de tensões utilizados pelo programa, bem como facilitar a visualização dos conceitos de *ilhas* e *malhas* de cada sistema (ver Figura 3.5).

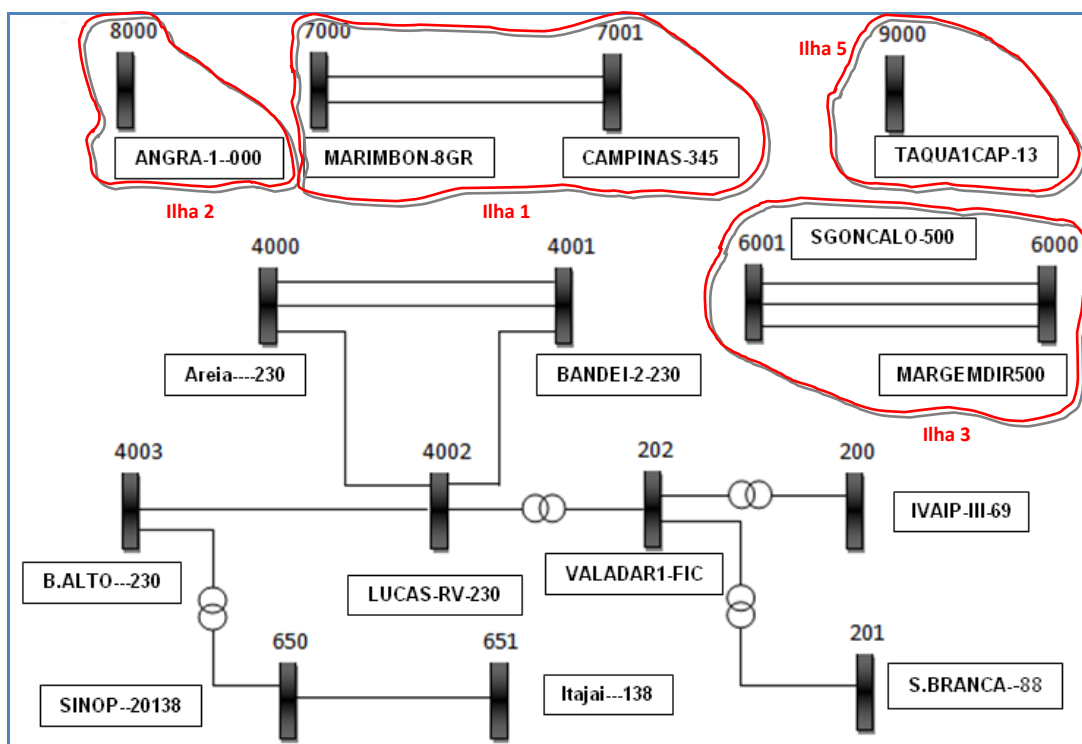
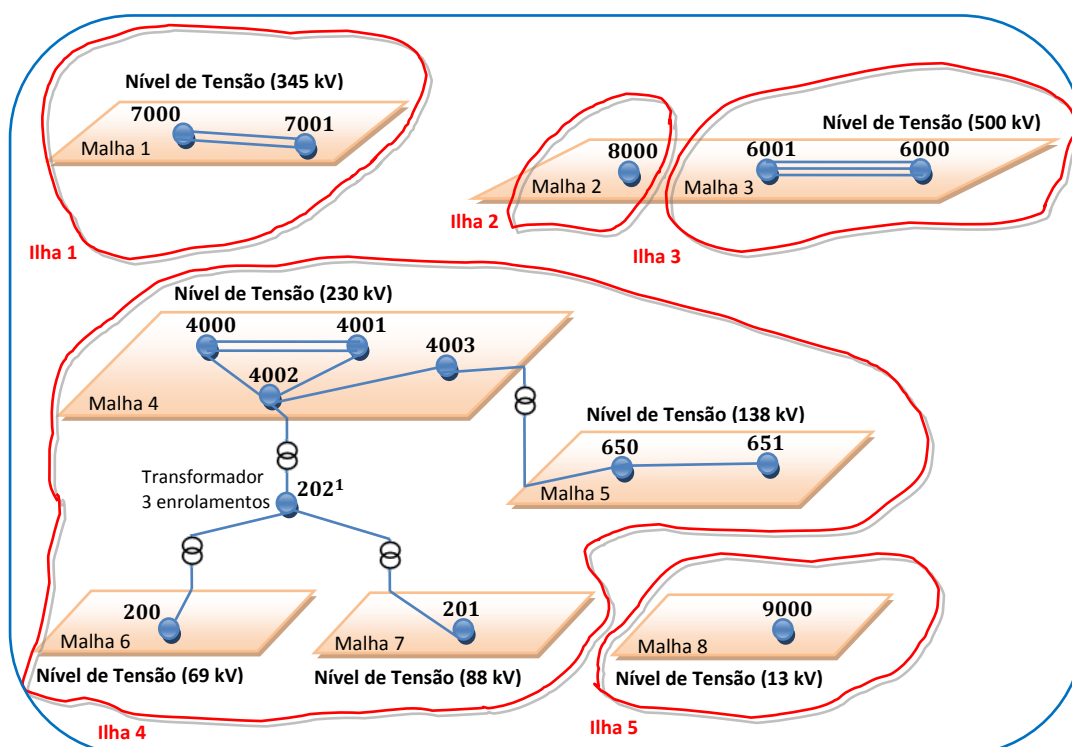


Figura 4.1 – Sistema-Teste Fictício de 15 Barras



¹Barra Fictícia pertencente à Malha Singular 9.

Figura 4.2 – Grafo Representativo do Sistema-Teste Fictício de 15 Barras

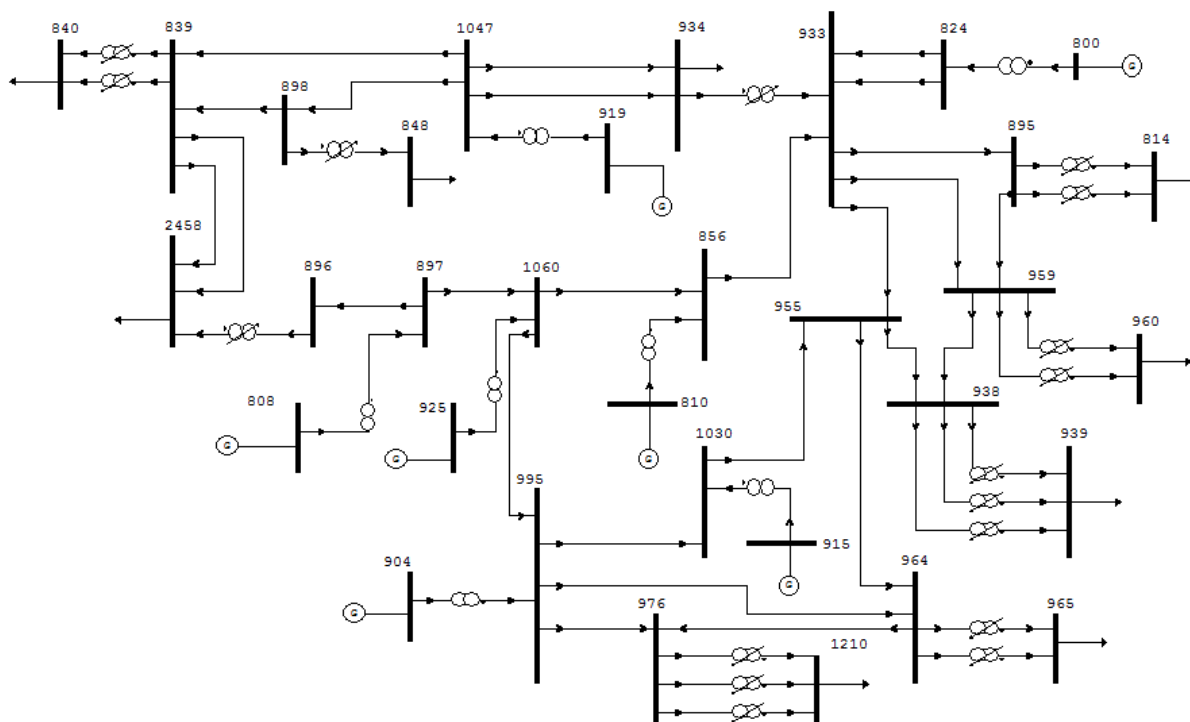


Figura 4.3 – Sistema-Teste Fictício de 33 Barras ([29] Alves, 2007)

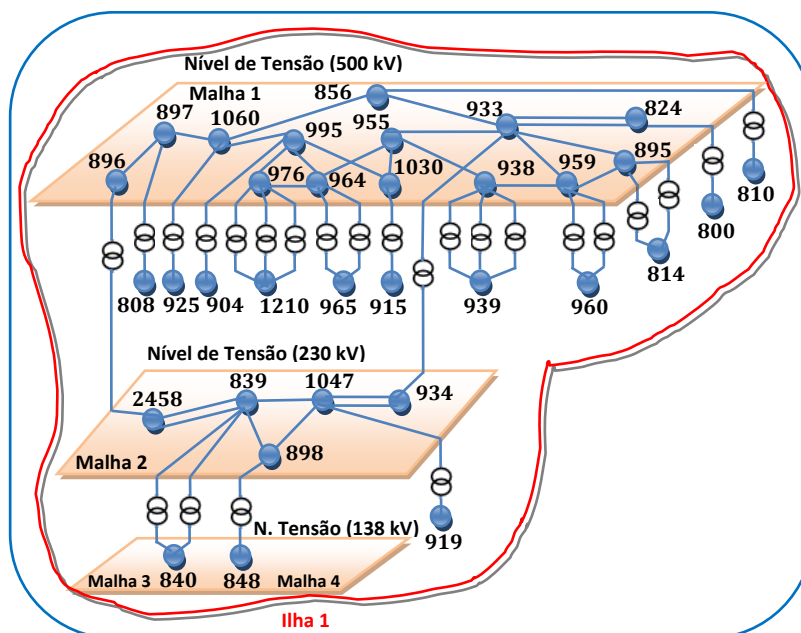


Figura 4.4 – Grafo Representativo do Sistema-Teste Fictício de 33 Barras STB-33
(Apenas as malhas singulares 3 e 4 estão assinaladas)

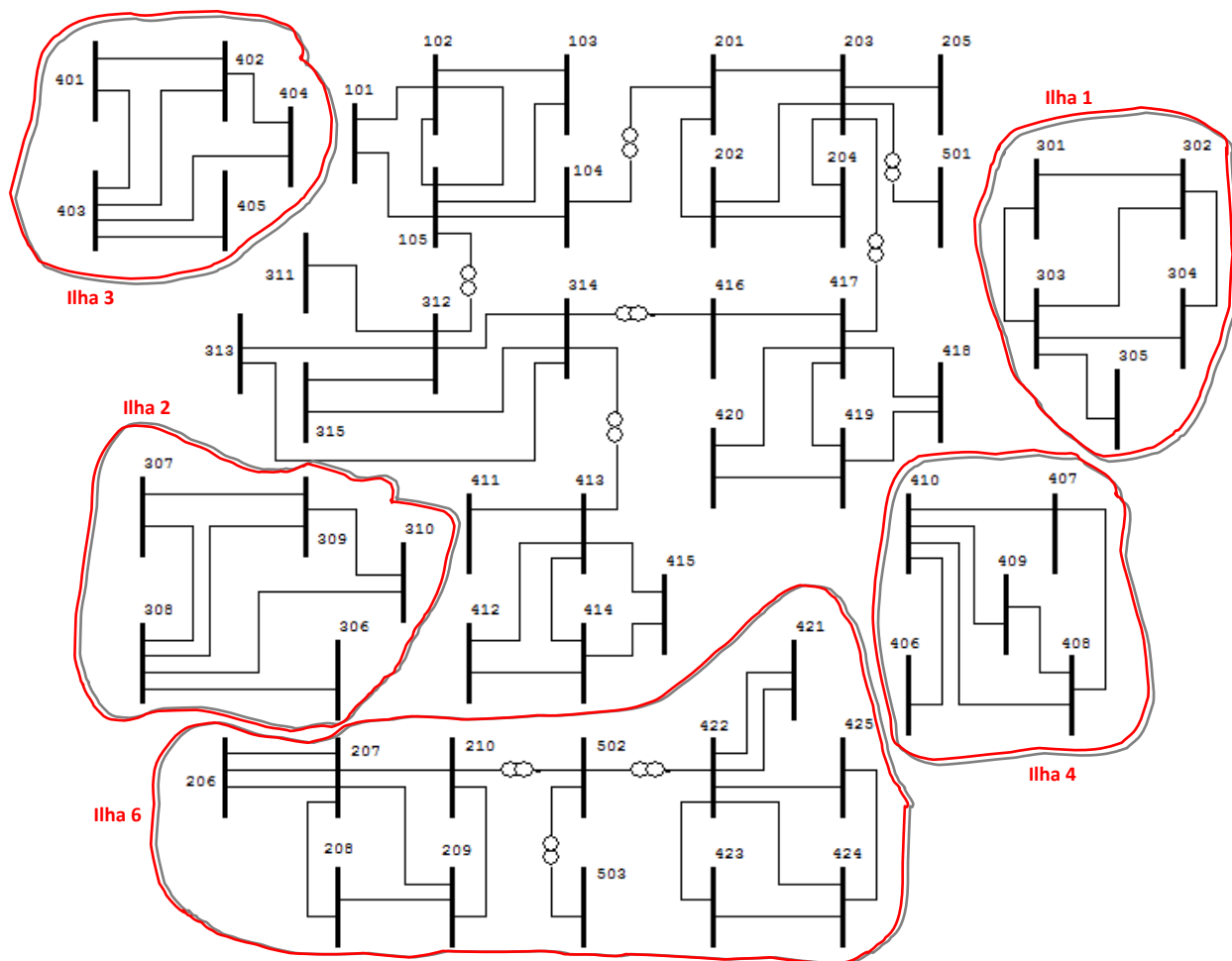
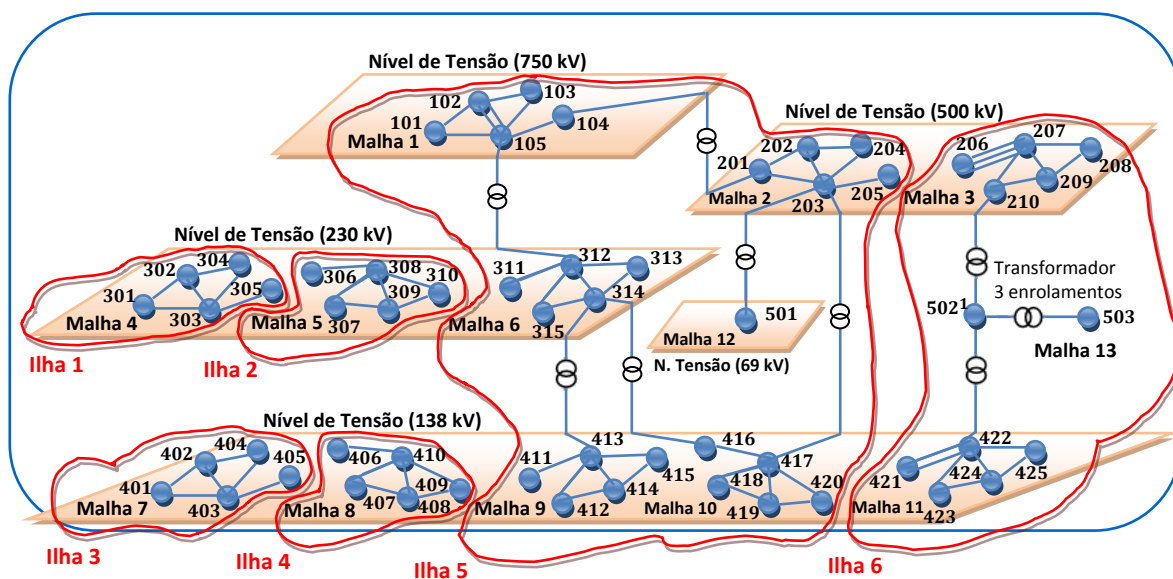


Figura 4.5 – Sistema-Teste Fictício de 58 Barras



¹Barra Fictícia pertencente à Malha Singular 14.

Figura 4.6 – Gráfico Representativo do Sistema-Teste Fictício de 58 Barras
(vide também Figura 3.5)

RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS

A seguir, apresentam-se os resultados obtidos em cada um dos experimentos mencionados na Tabela 4.1.

Experimento 1: Obter Estrutura Topológica

O primeiro experimento tem como objetivo a obtenção da estrutura topológica dos Sistemas-Testes. Isso é obtido através da opção padrão do protótipo *Anatopo (versão 1.0)* no Módulo de Identificação, Estatísticas e Diagnose. Na Tabela 4.3, apresentam-se as contabilizações topológicas identificadas pelo programa para os onze Sistemas-Teste utilizados.

É necessário esclarecer que este experimento só pode ser realizado se todas as tensões de todas as barras forem rigorosamente conhecidas. Assim, foi suposto que este experimento foi realizado a partir do processamento prévio com base em dicionários *ad-hoc* fornecidos pelo usuário e totalmente livres de erros. Estes dicionários ideais foram montados manualmente e também servirão como referência para a avaliação do desempenho do Experimento 2. Os dicionários ideais para os Sistemas-Teste 1, 2, 3 e 4 podem ser vistos no Apêndice A e os resultados dos mesmos são destacados nos experimentos 1 e 2. Os demais dicionários ideais encontram-se no CD do Apêndice D.

Tabela 4.3 – Contabilizações Topológicas dos Sistemas-Teste

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Sistema-Teste</i>	<i>Nº Barras</i>	<i>Nº Ramos (LT+TR)¹</i>	<i>Nº Áreas</i>	<i>Nº Níveis Tensão²</i>	<i>Nº Ilhas</i>	<i>Nº Malhas Singulares (Terminais)</i>	<i>Nº Malhas Não-Singulares</i>
1	15	15 (11+4)	3	7	5	3	6
2	33	50(26+24)	2	3	1	14	2
3	58	79(70+9)	7	5	6	3	11
4	2220	3191(1862+1329)	57	20	8	871	50
5	4194	5976(3771+2205)	70	24	4	1156	146
6	5929	8422(4848+3574)	105	22	4	2143	185
7	4982	7233(4471+2762)	78	25	5	1458	175
8	5084	7343(4535+2808)	77	24	5	1465	193
9	4293	6175(3824+2351)	72	24	4	1254	178
10	4202	5990(3785+2205)	70	24	4	1156	148
11	8606	15558(9179+6379)	79	26	4	2978	201

¹Nº de Linhas de Transmissão(LT) e Nº de Transformadores (TR).

²Não são consideradas as barras com tensões fictícias (vide Tabela 3.5).

De acordo ao apresentado na Tabela 4.3, os atributos identificados pelo programa *Anatopo (versão 1.0)* ficam visivelmente quantificados e permitem definir em detalhe a topologia da rede, sendo que estas quantificações poderão ser utilizadas para verificar algum tipo de erro cometido na inserção de dados.

A Tabela 4.4 apresenta a quantidade de barras agrupadas pelo número de radiais (ou grau de radialidade). Cabe ressaltar que este atributo permite identificar a topologia do sistema, informando as barras com conectividade extrema (na Tabela 4.4 se destaca o número de radiais igual ou superiores a 20). No Experimento 5 a quantidade de radiais poderá ser utilizada como atributo discriminador na comparação de sistemas elétricos.

Tabela 4.4 – Discriminação da Quantidade de Barras por Grau de Radialidade

Nº Radiais	Sistema Teste 1	Sistema Teste 2	Sistema Teste 3	Sistema Teste 4	Sistema Teste 5	Sistema Teste 6	Sistema Teste 7	Sistema Teste 8	Sistema Teste 9	Sistema Teste 10	Sistema Teste 11 ¹
46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
26	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1
25	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
22	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
20	-	-	-	2	1	1	1	1	1	1	3
19	-	-	-	2	2	3	3	3	2	2	5
18	-	-	-	3	1	4	1	1	1	1	6
17	-	-	-	-	1	3	1	1	1	2	7
16	-	-	-	3	3	6	3	2	4	2	5
15	-	-	-	2	2	4	5	7	2	2	19
14	-	-	-	3	7	9	7	5	5	7	17
13	-	-	-	9	12	16	18	19	15	12	22
12	-	-	-	5	16	28	25	26	22	16	31
11	-	-	-	15	16	36	29	31	22	16	46
10	-	-	-	23	48	64	58	56	55	49	64
9	-	-	-	35	67	88	80	84	65	66	79
8	-	-	-	57	75	102	92	92	74	76	91
7	-	1	-	60	102	150	120	119	105	105	138
6	-	1	4	84	129	179	185	174	133	128	197
5	-	6	4	84	167	218	196	206	187	166	265
4	1	3	5	118	277	339	340	354	294	277	1051
3	5	9	14	414	839	1201	948	967	815	840	2400
2	4	5	21	404	1075	1479	1241	1256	1061	1075	2415
1	3	8	10	896	1352	1996	1628	1679	1427	1357	1730
0	2	-	-	-	1	1	1	1	1	1	-
Total	15	33	58	2220	4194	5929	4982	5084	4293	4202	8606

¹São consideradas conexões à barra de referência.

Na Tabela 4.5 se ilustra em detalhe as barras com grau de radialidade igual ou superior a 20. Convém mencionar que ditas barras são de grande importância topológica.

Tabela 4.5 – Barras com Maior Grau de Radialidade

Sistema-Teste	Grau Radialidade (Nº Radiais)	Nº	Nome	Tensão (kV)	Área
4	25	538	SPILS-4A	440	CTEEP
	20	178	RJSTGR1A	138	FURNAS
	20	251	RJNLP-1A	138	LIGHT
5	26	5751	CMD-BP-1-230	230	AREA SUL
	20	178	GRAJAU---138	138	FURNAS
6	25	274	CAMACA-BA230	230	CHESF SUL
	22	241	RECIFE-PE230	230	CHESF LESTE
	20	9110	GRAVT2-RS230	230	CEE
7	20	178	GRAJAU---138	138	FURNAS
8	20	178	GRAJAU---138	138	FURNAS
9	27	5751	CMD-BP-1-230	230	CHESF SUL
	20	178	GRAJAU---138	138	FURNAS
10	26	5751	CMD-BP-1-230	230	CHESF SUL
	20	178	GRAJAU---138	138	FURNAS
11	46	18830	ILHASOLT440	440	-
	32	18700	P.PRIMV 440	440	-
	29	3000	TUCURUI 500	500	-
	29	18850	JUPIA 440	440	-
	27	18	MARIMB. 500	500	-
	27	3024	TUCURUI2 500	500	-
	26	912	A.FONTES138	138	-
	24	11300	ITAIPU 500DC	500	-
	24	11330	ITAIPU 500AC	500	-
	23	5795	GRAVAT2 230	230	-
	22	139	ITUMB. 500	500	-
	22	2	Furnas 345	345	-
	21	5980	UPME 230	230	-
	21	6369	SOSORIO 230	230	-
	21	8220	TSA 230	230	-
	20	155	T.PRETO 345	345	-
	20	7450	CGD 04BP 230	230	-
	20	7940	BNB 230KV	230	-

A modo de exemplificação nas Figuras 4.7 e 4.8 são apresentadas as barras adjacentes às barras com código numérico 538 e 178 dos Sistemas-Teste 4 e 8, respectivamente. Percebe-se também as linhas de transmissão e/ou transformação que estão conectadas a ditas barras.

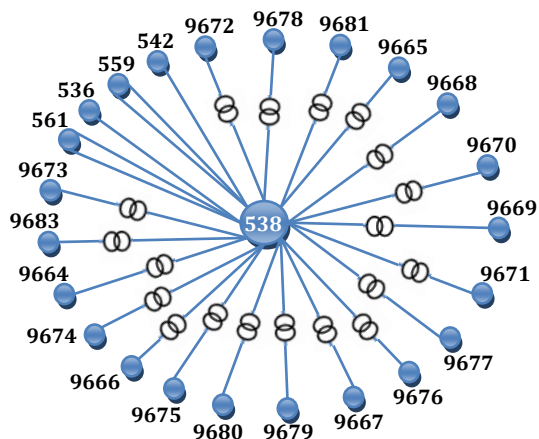


Figura 4.7 – Conectividade da Barra 538 do Sistema-Teste 4

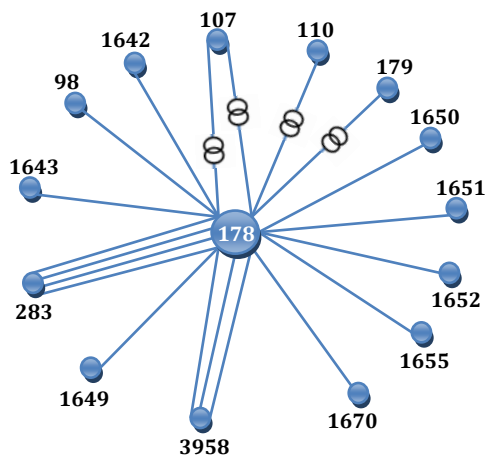


Figura 4.8 – Conectividade da Barra 178 do Sistema-Teste 8

Os detalhes das barras adjacentes, ilustradas nas Figuras 4.7 e 4.8, encontram-se nas Tabelas A.5 e A.6 do Apêndice A.

Na Tabela 4.6 são apresentados os principais níveis de tensão identificados pelo programa *Anatopo (versão 1.0)* destacando as tensões superiores a 230kV ou também consideradas tensões da rede básica.

Tabela 4.6 – Discriminação da Quantidade de Barras por Nível de Tensão

Níveis de Tensão	Sistema Teste 1	Sistema Teste 2	Sistema Teste 3	Sistema Teste 4	Sistema Teste 5	Sistema Teste 6	Sistema Teste 7	Sistema Teste 8	Sistema Teste 9	Sistema Teste 10	Sistema Teste 11
765kV	-	-	-	22	13	-	13	13	13	13	22
750kV	-	-	5	-	-	13	-	-	-	-	-
525kV	-	-	-	-	25	26	26	26	25	25	37
500kV	3	14	10	190	131	218	173	175	134	132	189
440kV	-	-	-	24	26	33	34	35	27	26	27
345kV	2	-	-	66	62	73	73	76	65	63	89
289kV	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1
230kV	4	10	15	432	392	516	445	472	396	394	517
161kV	-	-	-	1	3	3	3	3	3	3	1
138kV	2	2	25	618	1655	2018	1843	1950	1654	1652	2016
115kV	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1
88kV	1	-	-	47	127	146	145	143	130	132	479
69kV	1	-	1	56	565	844	658	668	567	567	853
66kV	-	-	-	-	5	-	11	5	5	5	27
46kV	-	-	-	-	1	-	1	1	1	1	-
44kV	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	22
34.5kV	-	-	-	8	102	66	76	106	103	103	324
34kV	-	-	-	-	8	8	45	13	11	8	10
23kV	-	-	-	5	16	30	17	17	16	16	82
20kV	-	-	-	12	5	7	5	5	7	5	22
18kV	-	-	-	37	1	-	-	-	1	1	42
16.5kV	-	-	-	45	-	-	1	-	-	-	33
13.8kV	-	-	-	478	180	1085	131	192	141	199	1762
13.4kV				1	2	21	2	2	2	2	18
13kV	1	-	-	3	269	235	406	427	365	269	17
11kV	-	-	-	14	1	8	5	1	2	4	31
6.9kV	-	-	-	27	14	31	8	4	1	17	83
6kV	-	-	-		-	1	-	2	-	-	51
Outras	1	7	2	133	589	545	858	746	622	563	1850
Total ¹	15	33	58	2220	4194	5929	4982	5084	4293	4202	8606

¹ Vide Tabela 4.3 (coluna 2).

A Tabela 4.7 ilustra como a identificação de cada malha não-singular é crucial para uma boa escolha de *sementes*, conforme será mostrado no Experimento 2.

A Tabela 4.7 também indica o *número mínimo de sementes* para cada nível de tensão maximiza o desempenho do método CCT (vide Seção 2.4), quando o mesmo é voltado para aplicações que desprezam a identificação de tensões de barras terminais de transformadores. Por exemplo, para o Sistema-Teste 3, (vide Figura 4.6), bastaria 1 semente de 750kV, 2 sementes de 500kV, 3 sementes de 230kV e 5 sementes de 138kV para que todas as tensões das barras não terminais do sistema fossem identificadas pelo método CCT (vide Tabela 4.8).

Tabela 4.7 – Quantidade de Malhas Não Singulares por Nível de Tensão

Níveis de Tensão	Sistema Teste 1	Sistema Teste 2	Sistema Teste 3	Sistema Teste 4	Sistema Teste 5	Sistema Teste 6	Sistema Teste 7	Sistema Teste 8	Sistema Teste 9	Sistema Teste 10	Sistema Teste 11
765kV	-	-	-	1	1	-	1	1	1	1	1
750kV	-	-	1 (1)	-	-	1	-	-	-	-	-
525kV	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1
500kV	2 (3)	1 (1)	2 (2,3)	3	3	3	4	4	3	3	4
440kV	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1
345kV	1 (1)	-	-	1	-	1	1	1	1	1	1
289kV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
230kV	1 (4)	1 (2)	3 (4,5,6)	14	9	16	11	13	11	9	13
161kV	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1
138kV	1 (5)	-	5 (7,8, 9, 10, 11)	16	28	33	23	32	28	28	32
115kV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
88kV	-	-	-	5	20	22	24	24	23	20	24
69kV	-	-	-	7	64	90	71	74	73	63	74
66kV	-	-	-	-	1	-	1	1	1	1	1
46kV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
44kV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34.5kV	-	-	-	-	8	10	8	13	12	9	12
34kV	-	-	-	-	1	1	7	1	1	1	7
23kV	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2
20kV	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2
-18kV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.5kV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13.8kV	-	-	-	2	-	1	1	-	-	1	1
13kV	1 (8)	-	-	-	4	-	15	22	17	4	15
11kV	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Outras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
Total ¹	6	2	11	50	146	185	175	193	178	148	201

¹ Vide Tabela 4.3 (coluna 8).

Nota: O valor entre parêntesis indica para cada nível de tensão a malha com maior número de barras para os sistemas 1, 2 e 3.

As Tabela 4.8 lista uma *coleção de sementes* sugeridas para cada sistema-teste, contemplando cada malha não-singular até a tensão de 13kV para os Sistemas-Teste 1-6 e até a tensão de 11kV para os sistemas-teste 7-11. As sementes estão ordenadas por nível de tensão decrescente.

Cabe mencionar que o programa *Anatopo (versão 1.0)* lista esta *coleção de sementes* por malha não singular e sugere uma tensão de acordo às tensões identificadas em dita malha.

Tabela 4.8 – Barras Sementes Sugeridas

<i>Níveis Tensão</i>	Sistema Teste 1	Sistema Teste 2	Sistema Teste 3	Sistema Teste 4	Sistema Teste 5	Sistema Teste 6	Sistema Teste 7	Sistema Teste 8	Sistema Teste 9	Sistema Teste 10	Sistema Teste 11
765kV	-	-	-	-	60	-	60	60	60	60	60
750kV	-	-	101	11539	-	3642	-	-	-	-	-
525kV	-	-	-	-	66	6626	66	66	66	66	66
500kV	6000, 8000	824	201, 206	11552, 9745, 85	61, 77, 85	3633, 3638, 5200	61, 85, 970, 7053	61, 77, 85, 7053	61, 77, 85	61, 77, 85	61, 77, 85, 7053
440kV	-	-	-	542	414	2074	414	414	414	414	414
345kV	7001	-	-	491	-	1480	78	78	78	78	78
289kV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
230kV	4000	839	301, 306, 311	600, 19916, 5601, 9584, 5141, 484, 11597, 480, 11596, 9040, 4071, 5571, 6301, 6461	161, 319, 472, 3036, 4070, 5571, 5591, 6301, 6395	190, 202, 235, 239, 316, 393, 913, 1021, 1153, 1521, 1612, 2625, 2920, 4292, 4478, 10000	161, 319, 472, 3037, 4070, 5391, 5591, 6301, 6401, 6416, 8250	161, 319, 472, 3037, 4070, 5391, 5591, 6301, 6401, 6416, 8501	161, 319, 410, 472, 3036, 4070, 5591, 6301, 6401, 6416, 6461	161, 319, 472, 3036, 4070, 5571, 5591, 6301, 6395	161, 319, 472, 3037, 4070, 5391, 5591, 6301, 6401, 6416, 6461, 8250, 8501
161kV	-	-	-	-	1531	1624	1531	1531	1531	1531	1531
138kV	651	-	401, 406, 411, 416, 421	674, 734, 183, 2838, 932, 11571, 19950, 4018, 399, 376, 19803, 321, 2864, 1242, 5252, 4805	239, 309, 348, 601, 761, 930, 932, 940, 1184, 1221, 1237, 1238, 1247, 1535, 2351, 2359, 2373, 2421, 2429, 4236, 4503, 4583, 5904, 6201, 6821, 6841, 6931, 6951	98, 115, 144, 162, 988, 1164, 1168, 1252, 1331, 1368, 1615, 1927, 2667, 2761, 7368, 7560, 8050, 9001, 9541, 9632, 9635, 10052, 10310, 10326 10487, 23305, 42541, 42552, 42559, 42562, 42566, 42571, 42574	236, 239, 309, 348, 667, 761, 764, 775, 930, 932, 1062, 1075, 1081, 1094, 1238, 1673, 1095, 1099, 2373, 3745, 5235, 5904, 6821, 6841, 6931, 6951, 8510, 8511	236, 239, 309, 348, 761, 764, 771, 775, 930, 932, 1184, 1238, 1247, 1095, 1099, 2351, 2359, 1184, 1222, 2373, 2421, 1238, 1673, 2373, 3745, 4236, 5235, 5904, 6457, 6821, 6841, 6931, 6951, 7202, 8272	236, 239, 309, 348, 761, 764, 771, 775, 930, 932, 1184, 1238, 1247, 1535, 2351, 2359, 2373, 2429, 4473, 4503, 5235, 5904, 6201, 6821, 6841, 6931, 6951, 7202	239, 309, 348, 601, 761, 930, 932, 940, 1184, 1221, 1237, 1238, 1247, 1535, 2351, 2359, 2373, 2421, 2429, 4236, 4503, 4583, 5904, 6201, 6821, 6841, 6931, 6951	236, 239, 309, 348, 667, 761, 764, 775, 930, 932, 1062, 1075, 1081, 1094, 1238, 1247, 1095, 1099, 1184, 1222, 1238, 1673, 2373, 3745, 4236, 5235, 5904, 6457, 6821, 6841, 6931, 6951, 7202, 8272

Continua...

Tabela 4.8 – Barras Sementes Sugeridas (Continuação)

Níveis Tensão	Sistema Teste 1	Sistema Teste 2	Sistema Teste 3	Sistema Teste 4	Sistema Teste 5	Sistema Teste 6	Sistema Teste 7	Sistema Teste 8	Sistema Teste 9	Sistema Teste 10	Sistema Teste 11
115kV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
88kV	-	-	-	11304, 613, 485, 436, 459	411, 415, 422, 428, 436, 441, 443, 444, 447, 459, 462, 465, 467, 473, 475, 476, 493, 496, 576, 742	1054, 1063, 1064, 1065, 1069, 2076, 2191, 2578, 2580, 2642, 2903, 2907, 2916, 2918, 2927, 2935, 2938, 2940, 2944, 2947, 2949, 2950	411, 415, 422, 428, 436, 441, 443, 444, 445, 447, 459, 462, 465, 467, 473, 475, 476, 486, 493, 496, 576, 588, 742, 743	297, 411, 415, 422, 428, 436, 441, 443, 444, 445, 447, 459, 462, 465, 467, 473, 475, 476, 493, 496, 554, 576, 588, 742	297, 411, 415, 422, 428, 436, 441, 443, 444, 447, 459, 462, 465, 467, 473, 475, 476, 493, 496, 554, 576, 663, 742	411, 415, 422, 428, 436, 441, 443, 444, 447, 459, 462, 465, 467, 473, 475, 476, 493, 496, 576, 742	411, 415, 422, 428, 436, 441, 443, 444, 445, 447, 459, 462, 465, 467, 473, 475, 476, 486, 493, 496, 576, 588, 742, 743
69kV	-	-	-	2690, 1185, 10585, 5786, 1756, 1763, 2681	636, 642, 655, 722, 968, 986, 1008, 1017, 1048, 1058, 1182, 1193, 1203, 1209, 1214, 1226, 1233, 1251, 1262, 1266, 1279, 1303, 1597, 1714, 1753, 1803, 1825, 1835, 1902, 1928, 1929, 1930, 1952, 2058, 2105, 2297, 2355, 2420,	308, 313, 314, 317, 319, 586, 590, 629, 639, 640, 643, 644, 645, 646, 647, 658, 668, 697, 1121, 1205, 1215, 1248, 1355, 1921, 1950, 1962, 1983, 2004, 2093, 2095, 2097, 2105, 2115, 2314, 2342, 2538, 2748, 3433, 3528, 3530, 3556, 5890, 6052, 6102, 6170, 6197, 6206, 6228, 6304, 6312, 6319, 6356, 6367, 6400, 6436, 6501, 6545,	636, 642, 655, 672, 968, 986, 1008, 1017, 1058, 1182, 1193, 1203, 1209, 1214, 1226, 1232, 1251, 1262, 1266, 1279, 1282, 1303, 1597, 1753, 1803, 1825, 1835, 1902, 928, 1929, 1930, 2058, 2079, 2101, 2105, 2131, 2420, 2425,	636, 642, 655, 672, 722, 968, 986, 1008, 1014, 1017, 1048, 1058, 1182, 1193, 1209, 1214, 1226, 1232, 1251, 1279, 1282, 1303, 1597, 1753, 1803, 1825, 1835, 1902, 1928, 1929, 1930, 2058, 2079, 2101, 2105, 2131, 2297, 2420, 2425, 2451,	636, 642, 655, 672, 968, 986, 1008, 1017, 1048, 1058, 1182, 1193, 1203, 1209, 1214, 1226, 1232, 1233, 1251, 1262, 1266, 1279, 1282, 1303, 1597, 1714, 1753, 1803, 1825, 1835, 1902, 1928, 1929, 1930, 2058, 2079, 1902, 1912, 1928, 1929, 1930, 2058, 2079, 2105,	636, 642, 655, 722, 968, 986, 1008, 1017, 1048, 1058, 1182, 1193, 1203, 1209, 1214, 1226, 1233, 1251, 1262, 1266, 1279, 1303, 1597, 1714, 1753, 1803, 1825, 1835, 1902, 1928, 1929, 1930, 2058, 2079, 1952, 2058, 2105, 2297, 2355, 2420,	636, 642, 655, 672, 722, 968, 986, 1008, 1014, 1017, 1048, 1058, 1182, 1193, 1209, 1214, 1226, 1232, 1251, 1279, 1282, 1303, 1597, 1753, 1803, 1825, 1835, 1902, 1928, 1929, 1930, 2058, 2079, 2101, 2105, 2131, 2297, 2420, 2425, 2451,

Continua...

Tabela 4.8 – Barras Sementes Sugeridas (Continuação)

Níveis Tensão	Sistema Teste 1	Sistema Teste 2	Sistema Teste 3	Sistema Teste 4	Sistema Teste 5	Sistema Teste 6	Sistema Teste 7	Sistema Teste 8	Sistema Teste 9	Sistema Teste 10	Sistema Teste 11
69kV					2425, 2451, 2531, 2535, 2607, 2615, 2648, 2702, 2713, 3304, 3306, 3311, 3314, 3320, 4554, 5221, 5453, 5843, 6203, 6413, 6801, 6842, 6871, 6881, 6901, 6952	6779, 6892, 6920, 6960, 7040, 7361, 7364, 7377, 7390, 7403, 7420, 7485, 7729, 8018, 8039, 8085, 8100, 8200, 8224, 8255, 8292, 8404, 8531, 8536, 9036, 9099, 9212, 9551, 9639, 10020, 10058, 10067, 10323	2451, 2529, 2531, 2607, 2648, 2702, 2705, 2713, 3304, 3306, 3311, 3314, 3320, 4554, 4820, 5221, 5243, 5438, 5453, 5472, 5562, 5786, 5856, 5943, 6203, 6413, 6801, 6842, 6871, 6881, 6901, 6952, 8251	2529, 2531, 2607, 2615, 2648, 2702, 2705, 2713, 2787, 3304, 3306, 3311, 3314, 3320, 3907, 4554, 4820, 5221, 5243, 5438, 5453, 5472, 5562, 5856, 5943, 6203, 6413, 6801, 6842, 6871, 6881, 6952, 8251, 9548	2131, 2297, 2420, 2425, 2451, 2529, 2607, 2615, 2648, 2702, 2705, 2713, 3304, 3306, 3311, 3314, 3320, 4554, 4564, 4820, 5221, 5243, 5438, 5453, 5472, 5562, 5786, 5943, 6203, 6413, 6801, 6842, 6871, 6881, 952	2425, 2451, 2531, 2535, 2607, 2615, 2648, 2702, 2713, 3304, 3306, 3311, 3314, 3320, 5221, 5453, 5843, 6203, 6413, 6801, 6842, 6871, 6881, 6901, 6952	2529, 2531, 2607, 2615, 2648, 2702, 2705, 2713, 2787, 3304, 3306, 3311, 3314, 3320, 3907, 4554, 4820, 5221, 5243, 5438, 5453, 5472, 5562, 5856, 5943, 6203, 6413, 6801, 6842, 6871, 6881, 6952, 8251, 9548
66kV	-	-	-	-	3141	-	3141	3141	3141	3141	3141
46kV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
44kV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34.5kV					494, 1368, 1370, 1371, 2660, 4607, 4754, 9324	2304, 2936, 3494, 5881, 6795, 9544, 9547, 9548, 19526, 45059	221, 2660, 4607, 4932, 5459, 6961, 6972, 6984	221, 494, 1336, 1368, 1370, 1371, 2660, 4754, 4932, 5459, 6961, 6972, 9324	221, 494, 1336, 1368, 1370, 1371, 2660, 4754, 5459, 6961, 6972, 9324	221, 494, 1368, 1370, 1371, 2660, 4607, 4754, 9324	221, 494, 1336, 1368, 1370, 1371, 2660, 4754, 5459, 6961, 6972, 9324
34kV	-	-	-	-	1852	813	1336, 1368, 1370, 1371, 1852, 4754, 9324	1852	1852	1852	1336, 1368, 1370, 1371, 1852, 4754, 9324

Continua...

Tabela 4.8 – Barras Sementes Sugeridas (Continuação)

Níveis Tensão	Sistema Teste 1	Sistema Teste 2	Sistema Teste 3	Sistema Teste 4	Sistema Teste 5	Sistema Teste 6	Sistema Teste 7	Sistema Teste 8	Sistema Teste 9	Sistema Teste 10	Sistema Teste 11
23kV			-	-	1211, 9212	7391, 7597	1211, 9212	1211, 9212	1211, 9212	1211, 9212	1211, 9212
20kV			-	-	429, 440	2908, 2945	429, 440	429, 440	429, 440	429, 440	429, 440
18kV			-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.5kV		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13.8kV	-	-	-	10464, 10462	-	9515	4236	-	-	6966	6966
13kV	9000	-	-	-	192, 212, 2955, 4996	-	2955, 4996, 5115, 5116, 5117, 5157, 5159, 5232, 5409, 5414, 5454, 5456, 5791, 5792, 5886	192, 212, 2955, 4996, 5115, 5116, 5117, 5157, 5159, 5116, 5117, 5206, 5232, 5409, 5414, 5454, 5456, 5494, 5792, 5886, 6322, 6327, 6346, 6355	192, 212, 2955, 4604, 5115, 5116, 5117, 5157, 5159, 5232, 5409, 5414, 5454, 5456, 5494, 5792, 5886	192, 212, 2955, 4996	2955, 4996, 5115, 5116, 5117, 5157, 5159, 5232, 5409, 5414, 5454, 5456, 5791, 5792, 5886
11kV	-	-	-	-	-	-	5863	-	-	-	5863
Total ¹	6	2	11	50	146	185	175	193	178	148	201

¹ Vide Tabela 4.3 (coluna 8).

Experimento 2: Identificar Tensões

O objetivo do segundo experimento é identificar o atributo tensão das barras de um grafo. Outro dos propósitos deste experimento é avaliar o desempenho das cinco metodologias de identificação de tensões propostas. Os testes realizados avaliam o comportamento das diferentes metodologias propostas no Capítulo II frente à forma em que o usuário preencha os dados nos arquivos de configuração, seja para estudos de fluxo de potência ou curto circuito.

Os resultados para os quatro primeiros Sistemas-Testes são destacados porque tratam-se de sistemas de pequeno porte que permitem uma avaliação direta e comprobatória.

2.1 – Identificar Tensões via Caracteres do Nome da Barra (CNB). A seguir apresenta-se o desempenho da metodologia de identificação de tensões por caracteres do nome da barra. Na Tabela 4.9 são apresentados os resultados, onde a coluna *Identificadas* mostra a quantidade de barras onde a tensão foi corretamente reconhecida, ou seja, representa o sucesso na identificação da tensão; a coluna *Erradas*, representa a quantidade de erros na identificação (sendo que neste agrupamento juntam-se as barras com tensão errada bem como as barras com tensão não reconhecida); a coluna *Não Reconhecidas* indica apenas o número de barras onde a tensão não foi identificada e, por último, a coluna *Porcentagem* mostra o percentual de acerto desta metodologia para cada um dos Sistemas-Testes.

Tabela 4.9 – Resultados do Experimento 2.1 (CNB)

<i>Sistemas-Testes</i>	<i>Nº Barras</i> (1)	<i>Identificadas</i> (2)	<i>Erradas</i> (3) = (1) - (2)	<i>Não Reconhecidas</i> (4)	<i>Porcentagem (%)</i> (5) = {(2)/(1)}*100
1	15	13	2	0	86,67
2	33	33	0	0	100
3	58	56	2	1	96,55
4	2220	2187	33	17	98,51
5	4194	4052	142	39	96,61
6	5929	5498	431	321	92,73
7	4982	4672	310	301	93,78
8	5084	4854	230	197	95,48
9	4293	4067	226	157	94,74
10	4202	3988	214	201	94,91
11	8606	8058	548	325	93,63

Os problemas encontrados nesta metodologia podem ser agrupados em duas classificações: (i) Não Identificação da Tensão: esta é uma das principais deficiências

desta metodologia, pois depende da forma como o usuário escreve o nome da barra. A utilização de caracteres que não guardam nenhum tipo de relação com a tensão da barra (e.g. Tap-CIFERAL, JAGUARA-FT-R, etc.) prejudicando o desempenho; e (ii) Identificação Errada da Tensão: neste caso, o método falha sempre que o usuário utiliza caracteres que guardam uma relação errada com as verdadeiras tensões da barra (e.g. ADR-13.8R100, quando a tensão da barra é 138). Nas Tabelas 4.10 e 4.11 são apresentados, a título de exemplo, os erros de identificação dos Sistemas-Teste 1 e 3 respectivamente.

Tabela 4.10 – Erros do Sistema-Teste 1 do Experimento 2.1 (CNB)

SISTEMA-TESTE 1				
<i>Nº Barra</i>	<i>Nome Barra</i>	<i>Tensão Identificada (kV)</i>	<i>Tensão Certa (kV)</i>	<i>Descrição Erro</i>
650	SINOP_20138	13	138	Identificação errada de tensão causada por inserção confusa de algarismos no nome da barra.
7000	MARIMBOM-8GR	99	345	Identificação errada de tensão causada por nomeação errada da barra (nome da barra não tem relação com a tensão). Os caracteres GR identificam barra de geração.

Tabela 4.11 – Erros do Sistema-Teste 3 do Experimento 2.1 (CNB)

SISTEMA-TESTE 3				
<i>Nº Barra</i>	<i>Nome Barra</i>	<i>Tensão Identificada (kV)</i>	<i>Tensão Certa (kV)</i>	<i>Descrição Erro</i>
404	CURUAAUHE006	0	138	Não identificação da tensão causada porque nome da barra não guarda relação com a tensão da barra.
503	CCCP---SC069	69	99 (B. Geração)	Identificação errada de tensão causada por nomeação errada da barra (nome da barra não tem relação com a tensão verdadeira).

2.2 – Identificar Tensões via Código Intrínseco Opcional (CIO). A seguir apresenta-se o desempenho desta metodologia. Na Tabela 4.12 são apresentados os resultados obtidos pelo programa através da metodologia CIO.

Tabela 4.12 – Resultados do Experimento 2.2 (CIO)

<i>Sistemas-Testes</i>	<i>Nº Barras</i> (1)	<i>Identificadas</i> (2)	<i>Erradas</i> (3) = (1) - (2)	<i>Não Reconhecidas</i> (4)	<i>Porcentagem (%)</i> (5) = {(2)/(1)}*100
1	15	15	0	0	100
2	33	33	0	0	100
3	58	55	3	0	94,83
4	2220	1929	291	198	86,89
5	4194	3958	236	201	94,37
6	5929	5012	917	748	84,53
7	4982	4215	767	625	84,60
8	5084	4521	563	412	88,93
9	4293	3842	451	305	89,45
10	4202	3601	601	468	85,70
11	8606	7724	882	725	89,75

Nesta metodologia apresentaram-se problemas devido ou à *falta de inserção* do código intrínseco opcional (DGBT) ou à *inserção errada* do mesmo. É conveniente ressaltar que o preenchimento do código intrínseco opcional depende exclusivamente do usuário. Na Tabela 4.13 são apresentados, a título de exemplo, os erros encontrados no Sistema-Teste 3. A inserção de um código errado é um erro comum.

Tabela 4.13 – Erros do Sistema-Teste 3 do Experimento 2.2 (CIO)

SISTEMA-TESTE 3				
<i>Nº Barra</i>	<i>Nome Barra</i>	<i>Tensão Identificada (kV)</i>	<i>Tensão Certa (kV)</i>	<i>Descrição Erro</i>
406	OMBREI-MT138	13,8 (A)	138 (G)	Código inserido erradamente (erro casual e comum). Ver Tabela 3.5.
314	RUROP--PA230	23 (M)	230 (F)	
501	CMDCS2-BA000	999 (Z)	99 (W)	

Nos sistemas-teste com maior quantidade de barras foram encontrados erros de identificação pela simples falta de preenchimento do código intrínseco opcional. Este tipo de erro um dos principais motivos da falta de sucesso deste método.

2.3 – Identificar Tensões via Caracteres e Código Intrínseco Opcional (CNB e CIO).

Neste cenário são utilizadas duas metodologias, sendo estas submetidas às regras especialistas do método Híbrido Inteligente, (vide Tabela 3.6). A seguir apresenta-se o desempenho conjunto das metodologias CNB e CIO (Tabela 4.14).

Tabela 4.14 – Resultados do Experimento 2.3 (CNB e CIO)

<i>Sistemas-Testes</i>	<i>Nº Barras</i> (1)	<i>Identificadas</i> (2)	<i>Erradas</i> (3) = (1) – (2)	<i>Não Reconhecidas</i> (4)	<i>Porcentagem (%)</i> (5) = {(2)/(1)}*100
1	15	15	0	0	100
2	33	33	0	0	100
3	58	57	1	0	98,28
4	2220	2195	25	17	98,87
5	4194	4073	121	89	97,11
6	5929	5600	329	311	94,45
7	4982	4771	211	154	95,76
8	5084	4948	136	94	97,32
9	4293	4088	205	157	95,22
10	4202	4028	174	140	95,86
11	8606	8115	491	325	94,29

Na conjunção destas duas metodologias pode-se observar a melhoria na identificação de tensões, obtendo-se maior quantidade de barras identificadas, conforme mostra a Tabela 4.15 .

Tabela 4.15 – Desempenho da Metodologia CNB + CIO

<i>Sistemas-Testes</i>	<i>CNB (%)</i>	<i>CIO (%)</i>	<i>CNB + CIO (%)</i>
1	86,67	100	100
2	100	100	100
3	96,55	94,83	98,28
4	98,51	86,89	98,87
5	96,61	94,37	97,11
6	92,73	84,53	94,45
7	93,78	84,60	95,76
8	95,48	88,93	97,32
9	94,74	89,45	95,22
10	94,91	85,70	95,86
11	93,63	89,75	94,29

Na Tabela 4.16 é apresentado para fins de exemplo, o erro do Sistema Teste 3, onde se observa uma discrepância de tensões entre as duas metodologias. Nesse erro, foi considerado como tensão final a maior tensão identificada (opção padrão do programa Anatopo 1.0). Neste caso, esta opção arbitrária levou ao erro de identificação.

Tabela 4.16 – Erros do Sistema-Teste 3 do Experimento 2.3 (Metodologias CNB e CIO)

SISTEMA-TESTE 3					
<i>Nº Barra</i>	<i>Nome Barra</i>	<i>M.Caracteres (kV)</i>	<i>M. CIO (kV)</i>	<i>Tensão Certa (kV)</i>	<i>Descrição Erro</i>
501	CMDCS2-BA000	99	999	99	Tensões discrepantes causada pela identificação errada em uma das metodologias.

2.4 – Identificar Tensões via Conectividade Coerente de Tensões (CCT). A seguir são apresentados diferentes cenários para exemplificar a funcionalidade e desempenho da metodologia CCT. Nos experimentos desta metodologia foram usadas as sementes da Tabela 4.8 para as malhas não singulares existentes.

2.4.1 – Identificação inserindo uma única semente por malha existente na maior ilha. Este caso tem como objetivo identificar as malhas mais abrangentes e relevantes da maior ilha, assim como ajudar ao usuário a descobrir o conjunto mínimo de sementes mais eficientes para identificar uma grande quantidade de barras do sistema. Na Tabela 4.17 são apresentados os resultados obtidos.

Tabela 4.17 – Resultados do Experimento 2.4.1 (Metodologia CCT)

<i>Sistemas-Testes</i>	<i>Nº Barras (1)</i>	<i>Identificadas (2)</i>	<i>Erradas (3) = (1) - (2)</i>	<i>Não Reconhecidas (4)</i>	<i>Porcentagem (%) (5) = {(2)/(1)}*100</i>
1	15	9	6	6	60
2	33	19	14	14	57,58
3	58	25	33	33	43,10
4	2220	1745	475	475	78,60
5	4194	3456	738	738	82,40
6	5929	4388	1541	1541	74,01
7	4982	3702	1280	1280	74,31
8	5084	3739	1345	1345	73,54
9	4293	3188	1105	1105	74,26
10	4202	3307	895	895	78,70
11	8606	7119	1487	1487	82,72

Nota: Neste caso o número de barras “Erradas” equivale sempre ao número de barras “Não Reconhecidas” porque todas as barras sem semente encontram-se excluídas.

Na Tabela 4.18 são apresentados os detalhes do experimento 2.4.1. Nesta tabela também é possível observar a pequena quantidade de sementes necessárias para conseguir uma identificação satisfatória, sabendo-se que, quanto maior o número de barras não terminais pertencentes a uma ilha, maior será a porcentagem de identificação.

Tabela 4.18 – Quantificação de Barras Sementes do Experimento 2.4.1 (CCT)

<i>Sistemas-Teste</i>	<i>Nº Barras</i>	<i>Identificadas</i>	<i>Nº Barras Maior Ilha</i>	<i>Nº Sementes</i>	<i>Nº Barras Terminais¹</i>	<i>Barras Semente (Tabela 4.6)</i>
1	15	9	9 (Ilha 4)	4	2	651,200*,201*,4000
2	33	19	33 (Ilha 1)	2	14	824, 839
3	58	25	26 (Ilha 5)	5	1	101,201,311,416,411
4	2220	1745	1865	15	120	
5	4194	3456	3601	25	145	
6	5929	4388	4824	30	812	
7	4982	3702	4015	27	313	
8	5084	3894	4562	29	247	
9	4293	3214	3902	31	274	
10	4202	3307	3965	28	267	
11	8606	7399	6030	43	998	

* Barras terminais utilizadas como sementes.

¹ Barras terminais pertencentes à maior ilha.

2.4.2 – Identificação inserindo sementes com grau de radialidade significativo (Tabela 4.4).

Este caso tem como objetivo descobrir a influência das barras (*nós*) com maior quantidade de circuitos (*ramos*) na identificação de tensões pela metodologia CIO. Também se evidencia as sementes mais eficientes e/ou de maior importância no Sistema-Teste em questão. Os graus de radialidade significativos variam de acordo ao sistema, é assim que são considerados: graus maiores a 1 para os Sistemas-Teste 1 a 3 e, graus maiores a 9 para os Sistemas-Teste 4 a 11. Na Tabela 4.19 se mostram os resultados obtidos.

Tabela 4.19 – Resultados do Experimento 2.4.2 (CCT)

<i>Sistemas-Testes</i>	<i>Nº Barras (1)</i>	<i>Identificadas (2)</i>	<i>Erradas (3) = (1) - (2)</i>	<i>Não Reconhecidas (4)</i>	<i>Porcentagem (%) (5) = {(2)/(1)}*100</i>
1	15	11	4	4	73,33
2	33	25	8	8	75,76
3	58	56	2	2	96,55
4	2220	1819	401	401	81,94
5	4194	3482	712	712	83,02
6	5929	4722	1207	1207	79,64
7	4982	3741	1241	1241	75,09
8	5084	3894	1190	1190	76,59
9	4293	3214	1079	1079	74,87
10	4202	3381	821	821	80,46
11	8606	7399	1207	1207	85,97

Nota: Neste caso o número de barras “Erradas” equivale sempre ao número de barras “Não Reconhecidas” porque todas as barras sem semente encontram-se excluídas.

As maiores dificuldades encontradas nesta metodologia podem ser divididas tanto pela falta da inserção de barras sementes no sistema, como a quantidade de barras sementes em uma mesma malha. Na Tabela 4.20 são apresentados os erros encontrados no Sistema-Teste 1.

Tabela 4.20 – Erros do Sistema-Teste 1 do Experimento 2.4.2 (CCT)

SISTEMA-TESTE 1				
<i>Nº Barra</i>	<i>Nome Barra</i>	<i>Tensão Identificada (kV)</i>	<i>Tensão Certa (kV)</i>	<i>Descrição Erro</i>
202	IVAIP-III-69	0	69	Não foi definido a barra semente dentro da malha à qual pertence a barra.
201	S.BRANCA-88	0	88	
8000	ANGRA-1-000	0	500	
9000	TAQUA1CAP-13	0	13	

Na Tabela 4.20 também se percebe que as barras não identificadas pertencem a malhas terminais. Neste experimento não se inseriu barras sementes em barras terminais já que estas contam com grau de radialidade igual ou inferior a 1.

2.4.3 – *Identificação inserindo todas as sementes da Tabela 4.8.* Este caso tem como objetivo identificar a maior quantidade de barras, considerando-se no máximo uma semente por malha não singular identificada no sistema-teste. É conveniente mencionar que as barras terminais não serão consideradas. Na Tabela 4.21 são apresentados os resultados obtidos.

Tabela 4.21 – Resultados do Experimento 2.4.3 (CCT)

<i>Sistemas-Testes</i>	<i>Nº Barras (1)</i>	<i>Identificadas (2)</i>	<i>Erradas (3) = (1) - (2)</i>	<i>Não Reconhecidas (4)</i>	<i>Porcentagem (%) (5) = {(2)/(1)}*100</i>
1	15	11	4	4	73,33
2	33	19	14	14	57,58
3	58	55	3	3	94,83
4	2220	1859	361	361	83,74
5	4194	3575	619	619	85,24
6	5929	4734	1195	1195	79,84
7	4982	4367	615	615	87,66
8	5084	4141	943	943	81,45
9	4293	3777	516	516	87,98
10	4202	3511	691	691	83,56
11	8607	7671	935	935	89,14

Nos resultados apresentados na Tabela 4.21, pode-se perceber uma melhora na identificação de tensões, isto causado pelo aumento da quantidade de barras sementes; mas o índice de barras não reconhecidas ainda continua razoavelmente alto devido à falta de inserção de barras sementes nas barras terminais.

A Tabela 4.22 mostra o desempenho da metodologia CCT para os três cenários considerados (2.4.1, 2.4.2 e 2.4.3). Pode-se observar que o cenário 2.4.3 forneceu um melhor resultado, obtendo, a exceção dos resultados obtidos nos Sistemas-Teste 1, 2 e 3, onde a quantidade de barras terminais criam maior dificuldade neste cenário do que no cenário 2.4.2. Dita dificuldade deve-se à condição do cenário 2.4.2 na qual as barras com radialidade superior a 1 são inseridas como barras sementes (condição atribuída somente para os três primeiros Sistemas-Teste).

Tabela 4.22 – Desempenho da Metodologia CCT (2.4)

<i>Sistemas-Testes</i>	<i>CCT 2.4.1 (%)</i>	<i>CCT 2.4.2 (%)</i>	<i>CCT 2.4.3 (%)</i>
1	60	73,33	73,33
2	57,58	75,76	57,58
3	43,10	96,55	94,83
4	78,60	81,94	83,74
5	82,40	83,02	85,24
6	74,01	79,64	79,84
7	74,31	75,09	87,66
8	73,54	76,59	81,45
9	74,26	74,87	87,98
10	78,70	80,46	83,56
11	82,72	85,97	89,14

2.5 – Identificar Tensões via Metodologia Híbrida Inteligente (HI). Esta metodologia é avaliada através de três cenários. A seguir são apresentados os cenários sugeridos com o objetivo de atingir o maior número de barras com tensão identificada.

2.5.1 – Cenário 1: Identificar via CCT a rede básica do sistema. O objetivo deste cenário é identificar as barras com tensão relevante (tensões padrão igual ou maior a 230kV). A Tabela 4.23 apresenta o desempenho deste cenário utilizando as sementes ressaltadas da Tabela 4.8.

Tabela 4.23– Resultados do Experimento 2.5.1 (CCT)

<i>Sistemas- Testes</i>	<i>Nº Barras (1)</i>	<i>Identificadas (2)</i>	<i>Erradas (3) = (1) - (2)</i>	<i>Não Reconhecidas (4)</i>	<i>Porcentagem (%) (5) = {(2)/(1)}*100</i>
1	15	9	6	6	60,00
2	33	24	9	9	72,73
3	58	30	28	28	51,72
4	2220	735	1485	1485	33,11
5	4194	650	3544	3544	15,50
6	5929	880	5049	5049	14,84
7	4982	765	4217	4217	15,36
8	5084	798	4286	4286	15,70
9	4293	661	3632	3632	15,40
10	4202	654	3548	3548	15,56
11	8607	882	7725	7725	10,25

2.5.2 – *Cenário 2: Identificar via CNB e CIO com prioridade.* Este cenário tem como objetivo identificar todas as tensões das barras através da comparação de tensões achadas nas metodologias CNB e CIO, sendo que a prioridade maior corresponderá à metodologia CNB.

A prioridade refere-se às situações onde tensões das duas metodologias sejam discrepantes e diferentes de zero, prevalecendo assim a tensão identificada por CNB. Atribuiu-se maior prioridade à metodologia CNB devido ao bom comportamento da mesma. Na Tabela 4.24 são apresentados os resultados deste cenário.

Tabela 4.24 – Resultados do Experimento 2.5.2 (CNB+CIO com prioridade)

<i>Sistemas- Testes</i>	<i>Nº Barras (1)</i>	<i>Identificadas (2)</i>	<i>Erradas (3) = (1) - (2)</i>	<i>Não Reconhecidas (4)</i>	<i>Porcentagem (%) (5) = {(2)/(1)}*100</i>
1	15	15	0	0	100
2	33	33	0	0	100
3	58	57	1	1	98,28
4	2220	2187	33	17	98,51
5	4194	4052	142	39	96,61
6	5929	5524	401	321	94,45
7	4982	4798	298	212	95,76
8	5084	4854	230	197	95,48
9	4293	4067	226	157	94,74
10	4202	4098	201	195	95,85
11	8607	8059	548	325	93,63

2.5.3 – *Cenário 3: Identificar via CCT e DB.* O propósito deste cenário é aproveitar o desempenho das metodologias CCT e DB utilizando as sementes do cenário 2.5.1 e o dicionário de barras gerado no cenário 2.5.2. A prioridade maior é outorgada à metodologia CCT devido à eficácia que a mesma apresenta na identificação de tensões pertencentes à rede básica. A Tabela 4.25 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 4.25 – Resultados do Experimento 2.5.3 (CCT+DB)

<i>Sistemas- Testes</i>	<i>Nº Barras (1)</i>	<i>Identificadas (2)</i>	<i>Erradas (3) = (1) - (2)</i>	<i>Não Reconhecidas (4)</i>	<i>Porcentagem (%) (5) = {(2)/(1)}*100</i>
1	15	15	0	0	100
2	33	33	0	0	100
3	58	57	1	1	98,28
4	2220	2210	10	10	99,55
5	4194	4098	96	74	97,71
6	5929	5850	79	52	98,67
7	4982	4801	181	131	96,37
8	5084	4979	105	97	97,93
9	4293	4109	184	109	95,71
10	4202	4107	95	80	97,74
11	8607	8230	377	350	95,62

A Tabela 4.26 apresenta o desempenho da metodologia Híbrida Inteligente para os três cenários considerados (2.5.1, 2.5.2 e 2.5.3). Pode-se observar que o cenário 2.5.3 forneceu um melhor resultado, obtendo-se a maior quantidade de barras com tensão identificada de todas as metodologias avaliadas.

Tabela 4.26 – Desempenho da Metodologia Híbrida (2.5)

<i>Sistemas- Testes</i>	<i>HI 2.4.1 (%)</i>	<i>HI 2.4.2 (%)</i>	<i>HI 2.4.3 (%)</i>
1	60,00	100	100
2	72,73	100	100
3	51,72	98,28	98,28
4	33,11	98,51	99,55
5	15,50	96,61	97,71
6	14,84	94,45	98,67
7	15,36	95,76	96,37
8	15,70	95,48	97,93
9	15,40	94,74	95,71
10	15,56	95,85	97,74
11	10,25	93,63	95,62

Na Tabela 4.27 é apresentado um quadro resumo do desempenho das diferentes metodologias testadas no Experimento 2.

Convém mencionar que os dicionários de dados obtidos no Experimento 2 estão contidos no CD da dissertação, e a estrutura do mesmo é mencionada no Apêndice D.

Tabela 4.27 – Resumo do Experimento 2

<i>Sistemas- Testes</i>	<i>CNB</i>	<i>CIO</i>	<i>(CNB + CIO)</i>	<i>CCT (2.4.1)</i>	<i>CCT (2.4.2)</i>	<i>CCT (2.4.3)</i>	<i>HI (2.5.1)</i>	<i>HI (2.5.2)</i>	<i>HI (2.5.3)</i>
1	86,67	100	100	60	73,33	73,33	60,00	100	100
2	100	100	100	57,58	75,76	57,58	72,73	100	100
3	96,55	94,83	98,28	43,10	96,55	94,83	51,72	98,28	98,28
4	98,51	86,89	98,87	78,60	81,94	83,74	33,11	98,51	99,55
5	96,61	94,37	97,11	82,40	83,02	85,24	15,50	96,61	97,71
6	92,73	84,53	94,45	74,01	79,64	79,84	14,84	94,45	98,67
7	93,78	84,60	95,76	74,31	75,09	87,66	15,36	95,76	96,37
8	95,48	88,93	97,32	73,54	76,59	81,45	15,70	95,48	97,93
9	94,74	89,45	95,22	74,26	74,87	87,98	15,40	94,74	95,71
10	94,91	85,70	95,86	78,70	80,46	83,56	15,56	95,85	97,74
11	93,63	89,75	94,29	82,72	85,97	89,14	10,25	93,63	95,62

Experimento 3: Ordenar Barras

Neste experimento são apresentados diferentes tipos de ordenação baseada nos atributos identificados (i.e. códigos numéricos, níveis de tensão, área elétrica, região, estado, etc.). Este experimento é necessário para conseguir realizar comparações entre duas topologias e posteriormente renumerá-las.

3.1 – Ordenação baseada simplesmente nos códigos numéricos das barras (ordenação simples). Neste caso o código numérico das barras é o atributo principal para realizar a ordenação. Para melhorar o entendimento do leitor, na Tabela 4.28 são apresentadas duas sequências de ordenamento referente ao Sistema-Teste 2. A primeira é a sequência original desordenada como mostrada na Tabela A.2 do Apêndice A e a segunda sequência mostra a ordenação crescente obtida.

Tabela 4.28 – Ordenação Simples do Sistema-Teste 2

Sequência 1												
800	933	808	934	810	938	814	939	824	955	839	959	840
960	848	964	856	965	895	976	896	995	897	1030	898	1047
904	1060	915	1210	919	2458	925						

Sequência 2												
800	808	810	814	824	839	840	848	856	895	896	897	898
904	915	919	925	933	934	938	939	955	959	960	964	965
976	995	1030	1047	1060	1210	2458						

3.2 – Ordenação nodal qualificada. Neste caso são considerados os atributos secundários utilizados *acumuladamente* com a ordenação nodal simples relativa aos códigos numéricos das barras (atributo primário). A seguir, alguns exemplos de possíveis atributos secundários:

- *Níveis de tensão crescente,*
- *Níveis de tensão crescente, por área elétrica,*
- *Níveis de tensão crescente, por região, por estado,*
- *Níveis de tensão crescente, região, área elétrica, estado.*

Nas Tabelas 4.29, 4.30, 4.31 e 4.32 são apresentados os resultados obtidos no Sistema Teste-2 considerando os atributos listados anteriormente. Nestes exemplos o atributo primário é a ordenação nodal crescente por código numérico das barras.

Tabela 4.29 – Ordenação Qualificada – Nível de Tensão Crescente

Sistema-Teste 2													
99 (kV)							138 (kV)		230 (kV)				
800	808	810	904	915	919	925	840	848	814	839	898	934	
230 (kV)							500 (kV)						
939	960	965	1047	1210	2458	824	856	895	896	897	933	938	
500 (kV)													
955	959	964	976	995	1030	1060							

Tabela 4.30 – Ordenação Qualificada – Nível de Tensão e Área Crescente

Sistema-Teste 2												
Área 1												
99 (kV)			230 (kV)				500 (kV)					
800	904	915	814	839	960	965	824	895	933	938	955	959
Área 1				Área 2								
500 (kV)				99 (kV)				138 (kV)		230 (kV)		
964	976	995	1030	808	810	919	925	840	848	839	898	934
Área 2												
230 (kV)			500 (kV)									
1047	1210	2458	856	896	897	1060						

Tabela 4.31 – Ordenação Qualificada – Região e Estado

Sistema-Teste 2												
Nordeste												
Alagoas			Paraíba				Rio Grande do Norte					
800	904	915	814	839	960	965	824	895	933	938	955	959
Norte				Sudeste								
Acre				Minas Gerais				RJ		São Paulo		
964	976	995	1030	808	810	919	925	840	848	839	898	934
Sul												
Paraná			Santa Catarina									
1047	1210	2458	856	896	897	1060						

Tabela 4.32 – Ordenação Qualificada – Região, Área e Estado Decrescente

Sistema-Teste 2												
<u>Sul</u>							<u>Sudeste</u>					
<u>Área 2</u>							<u>Área 2</u>					
Santa Catarina				Paraná			São Paulo			RJ		
1060	897	896	856	2458	1210	1047	934	898	839	848	840	
<u>Sudeste</u>				<u>Norte</u>				<u>Nordeste</u>				
<u>Área 2</u>				<u>Área 1</u>				<u>Área 1</u>				
Minas Gerais				Acre				Rio Grande do Norte ->				
925	919	810	808	1030	995	976	964	959	955	938	933	895
<u>Nordeste</u>												
<u>Área 1</u>												
<- RN	Paraíba				Alagoas							
824	965	960	839	814	915	904	800					

Experimento 4: Renumerar Barras de uma Topologia

Neste experimento são apresentados diferentes tipos de renumeração baseada nos atributos identificados (i.e. níveis de tensão, área elétrica, região, estado, etc.). Assim são estabelecidos novos códigos numéricos às barras identificadas, podendo-se considerar intervalos numéricos automáticos e/ou definidos pelo usuário.

Este experimento visa ilustrar a relação entre código numérico e os atributos nodais, que pode facilitar a localização das barras por faixas numéricas definidas. Este experimento foi aplicado ao Sistema-Teste 2 e os resultados obtidos são apresentados a seguir.

4.1 – Operação de Batismo. Nesta operação são desconsiderados os antigos códigos numéricos para renumerá-los através de uma simples sequência que começa caracterizada por ter início e intervalo 1. A renumeração não altera os códigos numéricos das barras pétreas (vide Seção 1.3).

Na Tabela 4.33 são apresentadas duas sequências: a primeira mostra os códigos numéricos originais do sistema-teste; a segunda mostra os códigos numéricos renumerados através da operação de batismo (as barras com códigos numéricos 800, 810, 840 e 960, foram consideradas barras pétreas). As demais barras guardam uma relação bi-unívoca. Por exemplo, a barra original 1047 da sequência 1 corresponde agora à barra 22 da sequência 2.

Tabela 4.33 – Operação de Batismo do Sistema-Teste 2

Sequência 1												
800	933	808	934	810	938	814	939	824	955	839	959	840
960	848	964	856	965	895	976	896	995	897	1030	898	1047
904	1060	915	1210	919	2458	925						

Sequência 2												
800	1	2	3	810	4	5	6	7	8	9	10	840
960	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29						

4.2 – Renumeração Sequencial Simples. Nesta operação são considerados um número inicial e um intervalo para renumerar os códigos numéricos das barras. Convém ressaltar que o aplicativo computacional *Anatopo (versão 1.0)* valida o número máximo de intervalos, podendo até indicar automaticamente este intervalo. A renumeração pode ser crescente e decrescente.

A Tabela 4.34 apresenta uma sequência produto da renumeração nodal simples com número inicial 10 e intervalo 5 (as barras com códigos numéricos 800, 810, 840 e 960, foram consideradas barras pétreas).

Tabela 4.34 – Exemplo 1 da Renumeração Sequencial Simples do Sistema-Teste 2

Sistema-Teste 2												
800	10	15	20	810	25	30	35	40	45	50	55	840
960	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
120	125	130	135	140	145	150						

A Tabela 4.35 apresenta uma sequência produto da renumeração nodal simples com número inicial 1, intervalo automático e número máximo 230 (não foram definidas barras pétreas).

Tabela 4.35 – Exemplo 2 da Renumeração Sequencial Simples do Sistema-Teste 2

Sequência 1												
1	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84
91	98	105	112	119	126	133	140	147	154	161	168	175
182	189	196	203	210	217	224						

4.3 – Renumeração Aleatória. Esta operação renumera os códigos numéricos sem nenhum tipo de relação entre eles. Esta renumeração é útil para gerar códigos numéricos quaisquer que podem ser úteis para validações de outros experimentos.

A Tabela 4.36 apresenta o resultado de uma renumeração aleatória, considerando como número máximo 999.

Tabela 4.36 – Renumeração Aleatória do Sistema-Teste 2

Sequência 1												
101	62	45	12	65	98	541	321	698	201	905	435	627
968	726	802	854	976	157	368	495	628	374	604	518	298
365	777	858	827	301	27	71						

4.4 – Renumeração por Hierarquia. Esta operação realiza uma numeração baseada nos diferentes atributos das barras (*e.g.* região, área elétrica, tensão) considerando-se ainda processos automáticos de distribuição, seja sequencial, proporcional ao tamanho dos atributos ou por alocação híbrida (utilização de barras pétreas). A Tabela 4.37 apresenta o resultado de uma numeração por hierarquia, considerando as características a seguir.

- Região (*milhares*).
- Área (*centenas*).
- Estado (*dezenas*).

Tabela 4.37 – Renumeração por Hierarquia do Sistema-Teste 2

Sistema-Teste 2												
<u>Sul</u>							<u>Sudeste</u>					
<u>Área 2</u>							<u>Área 2</u>					
Santa Catarina				Paraná			São Paulo			RJ		
1210	1211	1212	1213	1220	1221	1222	2230	2231	2232	2240	2241	
<u>Sudeste</u>				<u>Norte</u>				<u>Nordeste</u>				
<u>Área 2</u>				<u>Área 1</u>				<u>Área 1</u>				
Minas Gerais				Acre				Rio Grande do Norte ->				
2250	2251	2252	2253	3110	3111	3112	3113	4110	4111	4112	4113	4114
<u>Nordeste</u>												
<u>Área 1</u>												
<- RN	Paraíba				Alagoas							
4115	4120	4121	4122	4123	4130	4131	4132					

Cabe ressaltar que a renumeração da Tabela 4.37 é sequencial e não considera nenhuma barra pétrea.

Experimento 5: Comparar duas Topologias

Depois de obter a estrutura topológica de dois Sistemas-Teste (Experimento 1), visando-se a identificação de tensões (Experimento 2) e ordenando-se as barras (Experimento 3) dos mesmos é possível conceber a comparação de duas topologias.

Neste experimento, a comparação das topologias em estudo precisa da montagem de 3 listas: *(i)* lista de nós *(ii)* lista de ramos e *(iii)* lista de radiais. A lista de nós é composta pelos atributos: código numérico e nome. A lista de ramos conformada por: códigos numéricos das barras De/Para. A lista de radiais composta pela junção das listas de nós e ramos, obtendo assim a radialidade que cada barra possui.

Para trabalhos futuros, a lista de nós pode considerar atributos como: carga ativa/reativa e derivação (shunt, capacitor, reator); e a lista de ramos atributos como: parâmetros ramais (resistência, reatância e susceptância), parâmetros próprios de transformadores (Tap máximo/mínimo) e carregamento (CN, CE).

Para melhor entendimento do leitor criou-se o Sistema-Teste 12 (como se ilustra na Figura 4.9), o qual é resultado da união dos Sistemas-Teste 1 e 2.

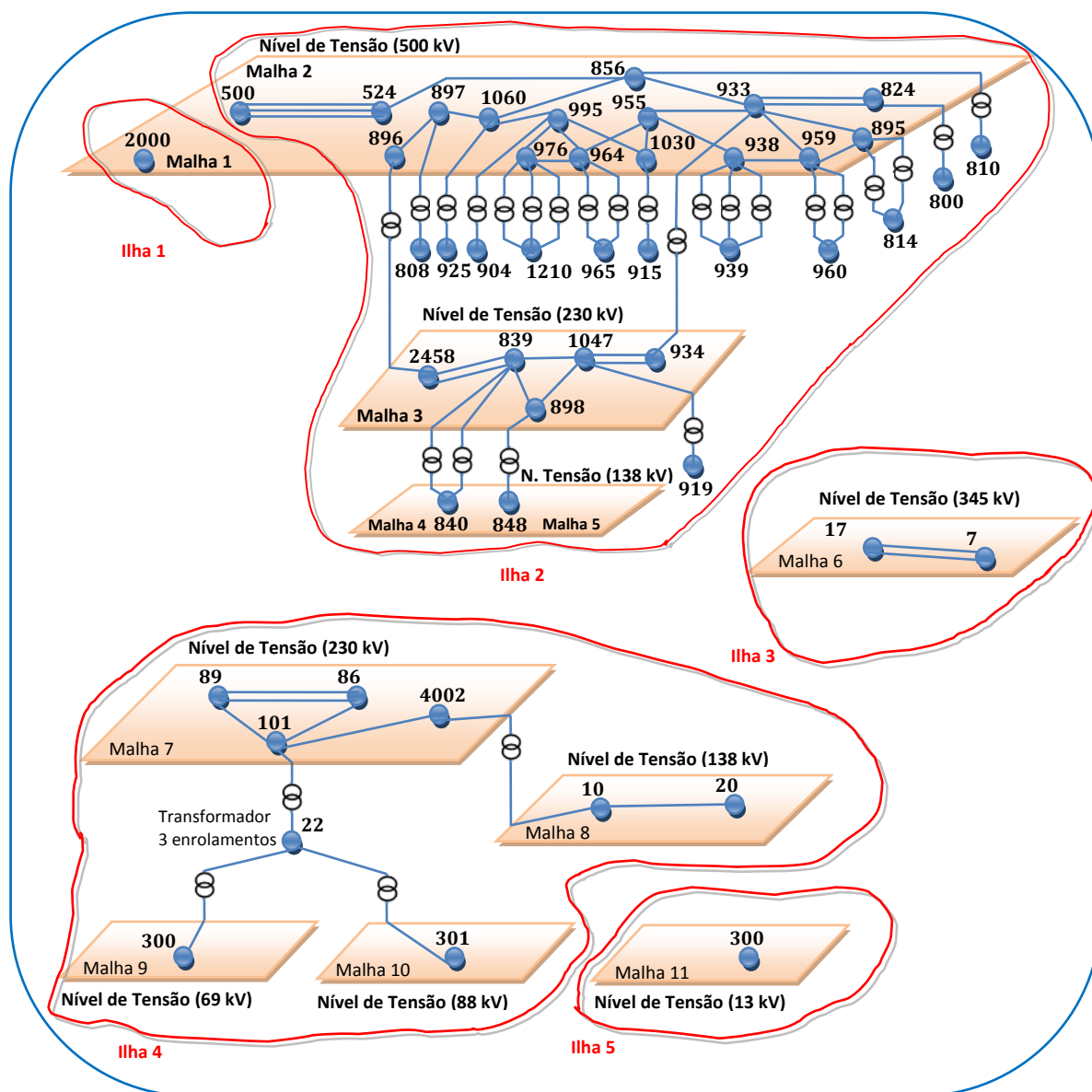


Figura 4.9 – Grafo Representativo do Sistema-Teste Fictício de 48 Barras

As semelhanças entre dois sistemas é determinada através do *grau de similaridade* que possuam. Este grau varia de 0 a 5, e quanto maior o grau maior é a similaridade. Para avaliar este experimento compararam-se os Sistemas-Teste 1 e 12. A comparação nodal é apresentada na Tabela 4.38, a comparação ramal na Tabela 4.39 e a comparação radial na Tabela 4.40.

Tabela 4.38 – Comparação Nodal Sistema-Teste 1 e 12

Sistema-Teste 1		Sistema-Teste 12		Grau Similaridade
Nº	Nome	Nº	Nome	
200	IVAIP-III-69	300	FURNAS--69	5
201	S.BRANCA--88	301	IVAIP-88.35	5
202	VALADAR1-FIC	22	CURUAAUHE006	5
650	SINOP--20138	10	SOSORIO--230	5
651	Itajai---138	20	T.OLR1-RJ138	5
4000	Areia---230	89	BAGUAR-MG230	5
4001	BANDEI-2-230	86	JAURU--MT230	5
4002	LUCAS-RV-230	101	POTIG3-RN230	5
4003	B.ALTO---230	4002	PIRATI-SP230	5
6000	MARGEMDIR500	524	SLUITA-PA500	4
6001	SGONCALO-500	500	LAJEAD-TO500	5
7000	MARIMBON-8GR	17	ITA-----3GR	5
7001	CAMPINAS-345	7	MACHADIN-345	5
8000	ANGRA-1--000	2000	MARIMBON-8GR	5
9000	TAQUA1CAP-13	300	FICCEATAP13.	5

Tabela 4.39 – Comparação Ramal Sistema-Teste 1 e 12

Sistema-Teste 1		Sistema-Teste 12		Grau Similaridade
De	Para	De	Para	
200	202	300	22	5
201	202	301	22	5
202	4002	22	101	5
4002	4000	101	89	5
4002	4003	101	4002	5
4002	4001	101	86	5
4000	4001	89	86	5
4000	4001	89	86	5
4003	650	4002	10	5
650	651	10	20	5
7000	7001	17	7	5
7000	7001	17	7	5
6001	6000	500	524	5
6001	6000	500	524	5
6001	6000	500	524	5

Tabela 4.40 – Comparação Radial Sistema-Teste 1 e 12

Sistema-Teste 1			Sistema-Teste 12			Grau Similaridade
Barra	Radialidade	Conexões	Barra	Radialidade	Conexões	
200	1	202	300	1	22	5
201	1	202	301	1	22	5
202	3	200, 201, 4002	22	3	300, 301, 101	5
650	2	4003, 651	10	2	4002, 651	5
651	1	650	20	1	10	5
4000	3	4001, 4001, 4002	89	3	86, 86 101	5
4001	3	4000, 4000, 4002	86	3	89, 89, 101	5
4002	4	4000, 400 1, 4003, 202	101	4	22, 89, 86, 4002	5
4003	2	4002, 650	4002	2	101, 10	5
6000	3	6001, 6001, 6001	524	4	500, 500, 500, 856	4
6001	3	6000, 6000, 6000	500	3	524, 524, 524	5
7000	2	7001, 7001	17	2	7, 7	5
7001	2	7000, 7000	7	2	17, 17	5
8000	0	–	2000	0	–	5
9000	0	–	300	0	–	5

Experimento 6: Renumerar duas Topologias

Considerando-se que duas topologias possuem similaridades, e depois de elas serem comparadas, procede-se à renumeração dos seus nós (barras). Neste experimento serão renumerados os códigos numéricos dos Sistemas-Teste 1 e 12 de acordo com as congruências encontradas. A renumeração está baseada nas seguintes características:

- O grau de similaridade indica a quantidade de milhares da nova numeração, por exemplo: 5000, para barras com grau 5; 4000, para barras com grau 4, etc.
- As barras de igual malha terão a mesma quantidade de centenas, por exemplo: 5100 para barras da malha 1 e de grau 5.

A Tabela 4.41 apresenta a renumeração dos Sistemas-Teste 1 e 12.

Tabela 4.41 – Renumeração Dupla Sistema-Teste 1 e 12

Sistema-Teste 1		Sistema-Teste 12		Grau Similaridade
Nº	Nome	Nº	Nome	
5100	IVAIP-III-69	5100	FURNAS--69	5
5200	S.BRANCA--88	5200	IVAIP-88.35	5
5001	VALADAR1-FIC	5001	CURUAAUHE006	5
5300	SINOP--20138	5300	SOSORIO--230	5
5301	Itajai---138	5301	T.OLR1-RJ138	5
5400	Areia----230	5400	BAGUAR-MG230	5
5401	BANDEI-2-230	5401	JAURU--MT230	5
5402	LUCAS-RV-230	5402	POTIG3-RN230	5
5403	B.ALTO---230	5403	PIRATI-SP230	5
4000	MARGEMDIR500	4000	SLUITA-PA500	4
5500	SGONCALO-500	5500	LAJEAD-TO500	5
5600	MARIMBON-8GR	5600	ITA-----3GR	5
5601	CAMPINAS-345	5601	MACHADIN-345	5
5700	ANGRA-1--000	5700	MARIMBON-8GR	5
5800	TAQUA1CAP-13	5800	FICCEATAP13.	5
		800	GBMUNHOZ-3GR	0
		808	SCAXIAS--4GR	0
		810	SSEGRED0-4GR	0
		814	BATEIAS--230	0
		824	GBMUNHOZ-500	0
		839	CASCADEL-230	0
		840	CASCADEL-138	0
		848	FCHOPIM--138	0
		856	SEGRED0--500	0
		895	BATEIAS--500	0
		896	CASCADELO500	0
		897	SCAXIAS--500	0
		898	FCHOPIM--230	0
		904	ITA-----3GR	0
		915	MACHADIN-1GR	0
		919	SOSOR1A4-4GR	0
		925	SSANTIAG-3GR	0
		933	AREIA----500	0
		934	AREIA----230	0
		938	BLUMENAU-500	0
		939	BLUMENAU-230	0
		955	CNOVOS---500	0
		959	CURITIBA-500	0
		960	CURITIBA-230	0
		964	CAXIAS---500	0
		965	CAXIAS---230	0
		976	GRAVATAI-500	0
		995	ITA-----500	0
		1030	MACHADIN-500	0
		1047	SOSORIO--230	0
		1060	SSANTIAG-500	0
		1210	GRAVATAI-230	0
		2458	CASCADEL-230	0

Experimento 7: Relacionar e Renomear Barras

Neste experimento são utilizados os Sistemas-Teste 1 e 12, já que é preciso determinar as semelhanças previamente visando relacionar e renomear as barras de sistemas diferentes. Na Tabela 4.42 são apresentados os resultados deste experimento.

Tabela 4.42 – Renomeação dos Sistema-Teste 1 e 12

Sistema-Teste 1		Sistema-Teste 12	
Nº	Nome	Nº	Nome
200	B.TERMINAL-69	300	B.TERMINAL-69
201	B.TERMINAL-88	301	B.TERMINAL-88
202	B.FICTICIA	22	B.FICTICIA
650	B.TERMINAL138	10	B.TERMINAL138
651	B.FRONT--138	20	B.FRONT--138
4000	B.RBAS1--230	89	B.RBAS1--230
4001	B.RBAS2--230	86	B.RBAS2--230
4002	B.RBAS3--230	101	B.RBAS3--230
4003	B.RBAS4--230	4002	B.RBAS4--230
6000	B.RBAS1--500	524	B.RBAS1--500
6001	B.RBAS2--500	500	B.RBAS2--500
7000	B.RBAS1--345	17	B.RBAS1--345
7001	B.RBAS2--345	7	B.RBAS2--345
8000	B.ISOLA--500	2000	B.ISOLA--500
9000	B.ISOLA---13	300	B.ISOLA---13
		800	GBMUNHOZ-3GR
		808	SCAXIAS--4GR
		810	SSEGREDO-4GR
		814	BATEIAS--230
		824	GBMUNHOZ-500
		839	CASCAVEL-230
		840	CASCAVEL-138
		848	FCHOPIM--138
		856	SEGREDO--500
		895	BATEIAS--500
		896	CASCAVELO500
		897	SCAXIAS--500
		898	FCHOPIM--230
		904	ITA-----3GR
		915	MACHADIN-1GR
		919	SOSOR1A4-4GR
		925	SSANTIAG-3GR
		933	AREIA----500
		934	AREIA----230
		938	BLUMENAU-500
		939	BLUMENAU-230
		955	CNOVOS---500
		959	CURITIBA-500
		960	CURITIBA-230
		964	CAXIAS---500
		965	CAXIAS---230
		976	GRAVATAI-500

Continua...

Tabela 4.41 – Renomeação dos Sistema-Teste 1 e 12 (Continuação)

Sistema-Teste 1		Sistema-Teste 2	
Nº	Nome	Nº	Nome
		995	ITA-----500
		1030	MACHADIN-500
		1047	SOSORIO--230
		1060	SSANTIAG-500
		1210	GRAVATAI-230
		2458	CASCAVEL-230

SUMÁRIO

Os resultados apresentados demonstraram a capacidade e as potencialidades da ferramenta computacional implementada, sendo esta capaz de estudar um grande espectro de situações em sistemas eléctricos, sob o ponto de vista topológico.

* * *

5.1 RETROSPECTIVA

Como exposto na presente Dissertação, é de extrema importância e necessidade que se considere e analise as origens das imprecisões existentes nos cálculos analíticos típicos dos sistemas de potência. Através de metodologias para o exame dos dados dos sistemas, tais como as explanadas nesta Dissertação, equívocos na implementação da análise de fluxo de potência, curto-circuito ou confiabilidade podem ser evitados. Dependendo do estudo deve-se destacar que estes enganos, oriundos da interpretação incorreta dos dados de entrada de programas de análise, podem ser dirimidos com a ajuda de aplicativos computacionais tais como o Programa *Anatopo (versão 1.0)*, uma vez que, a partir deste, pode-se identificar e eliminar vários tipos de erros.

Além do processo de identificação das tensões, discutiram-se também aspectos relacionados à numeração, comparação, relacionamento e renomeação pertinentes aos barramentos da rede elétrica, considerando-se a manipulação de áreas compostas de barramentos e linhas que compõem a rede elétrica.

A principal contribuição desta Dissertação refletiu-se na proposição de uma ferramenta computacional que é útil para operações de pré-processamento de vários estudos convencionais relacionados com a análise de sistemas de potência (fluxo de potência, curto-circuito e confiabilidade), explorando as oportunidades de aperfeiçoamento identificáveis no tratamento automático de grandes conjuntos de dados de entrada e os respectivos resultados dos processamentos computacionais, considerando que a quantidade de dados utilizados atualmente no setor elétrico praticamente inviabiliza um eventual tratamento manual.

5.2 COMPLEMENTAÇÃO FUTURA

Visando a complementação futura deste trabalho, sugere-se a pesquisa e implementação dos demais módulos propostos, tais como: calculador de métricas, ajustador do ponto de operação, equivalentador, configurador e módulo matricial (vide Figura 2.1).

Avanços no módulo comparador podem permitir a comparação de topologias próprias dos estudos em Fluxo de Potência e Curto Circuito.

A facilidade de identificação de malhas não-singulares por níveis de tensão também enseja uma interessante investigação sobre as alternativas de relaxamento das restrições usadas em estudos de fluxo de potência ótimo.

Observa-se finalmente que o módulo associado ao ajuste de ponto de operação pré-defeito engloba interessantes desafios relacionados com aplicações de técnicas de otimização.

* * *

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Aitchison, P.W. and Klos A.(August 1991). Derivation of Equivalent Networks. *Int. J. of Electrical Power & Energy Systems*, Vol.13, No.4, pp.209-215.
- [3] Brameller, A. (1976). *Sparsity: Its Practical Applications to Systems Analysis*. Pitman, London.
- [4] Brown, H.E (1975). *Solution of Large Networks by Matrix Methods*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [5] CEPEL (2008). *Programa de Análise de Redes – Manual do Usuário Versão 09.04.03*. Rio de Janeiro, Dezembro.
- [6] Do Coutto Filho M.B., Schilling M.T.e Souza J.C.S. (Jan./Mar.2007). Sobre o Problema da Integração Generalizada de Dados. *Controle & Automação, SBA*, Vol. 18, no. 1, pp. 24-43.
- [9] Happ, H.H (1980). *Piecewise Methods and Applications to Power Systems*. John Wiley & Sons, New York.
- [10] Kim, C.J. and Obah O.B. (2007). Vulnerability Assessment of Power Grid Using Graph Topological Indices. *Int. J. of Emerging Electric Power Systems*, Vol. 8, Issue 6, art.4, pp. 1-15(on-line).
- [11] Klos A. and Borkowska, B. (1979). Equivalent Transfiguration of Networks, *Int. J. of Electrical Power & Energy Systems*, Vol.1, No.1, pp. 30-34.
- [12] Kron, G.(1957). *Diakoptics: Piecewise Solution of Large-Scale Systems*. General Engineering Laboratory, General Electric Co, Schenectady, USA.
- [13] Macedo Jr., J.R.; Resende, J.W. and Samesima, M.I. (2002). The Inherent Structure Theory of Networks and Admittance Matrix Sparsity Relationship. in *Proc. of 10th. Int. Conf. on Harmonics and Quality of Power*, Vol.1, pp.127-131.
- [14] Morozowski Filho, M. (1981). *Matrizes Esparsas em Redes de Potência: Técnicas de Operação*. Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro-Brasil.
- [15] MME, Dados disponíveis no portal do Ministério de Minas Energia (<http://www.mme.gov.br>), Brasil.
- [16] Narraway, J.J.(October 1993). Probability, Graphs and Electrical Networks. *IEE Proc.-G*, Vol.140, No.5, pp.347-354.
- [17] ONS (2008). *Procedimentos de Rede – Módulo 1, Submódulo 1.1*. (disponível em <http://www.ons.org.br/>).
- [19] Pierce Jr. H. E-Chairman et alii (November 1973). Working Group on a Common Format for Exchange of Solved Load Flow Data. *Common Format for Exchange of Solved Load Flow Data*. *IEEE Trans. on PAS*, Vol. PAS-02, No. 6, pp.1916-1925.
- [20] Rosato, V., Bologna, S. and Tiriticco, F. (2007). Topological Properties of High-Voltage Electrical Transmission Networks. *Electric Power Systems Research*, Vol. 77, pp.99-105.
- [21] Ross, T.J. (1995). *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. McGraw-Hill, Inc., New York.
- [22] Rozel B., Caire R., Hadsaid N., Rognon J-P., Tranchita C. (2009). Complex Network Theory and Graph Partitioning: Application to large interconnected networks. *IEEE Bucharest Power Tech Conference*, Bucharest-Romania.
- [23] Schilling M. T., Assis T. M. L., Cárdenas D. S. T., Ross R. P. D.(2009). Tratamento Computacional Da Topologia De Grandes Redes Elétricas, *SBA - Controle & Automação*, Vol. 20, Julho/ Agosto/ Setembro, pp. 383-393.
- [24] Schilling, M.T. (1979). *Métodos de Equivalência em Sistemas de Energia Elétrica*. Dissertação de M.Sc., Programa de Engenharia Elétrica, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- [25] Shipley, R.B. (1976). *Introduction to Matrices and Power Systems*. John Wiley & Sons, New York.

- [26] Stagg, W.G. and El-Abiad, A.H. (1968). Computer Methods in Power Systems Analysis. Caps. 3 e 4, McGraw-Hill Book Company, New York.
- [27] Westinghouse Electric Co. (1964). Electrical Transmission and Distribution Reference Book. 4 th. Edition, Cap. 2, Pittsburgh, USA.
- [28] Ranganath V. P., Amtoft T., Banerjee A., Hatcliff J. and Dwyer M.B. (2007). New Foundation for Control Dependence and Slicing for Modern Program Structures. Int. J. ACM Transactions on Programming Languages and Systems, Vol. 29, No. 5, Article 27.
- [29] Alves W.F. (Agosto 2007). Proposição de Sistemas-Teste para Análise Computacional de Sistemas de Potência, Dissertação de Mestrado, UFF, Rio de Janeiro, Brasil, <http://www.sistemas-teste.com.br/>.
- [30] CEPEL (2009). Programa de Análise de Faltas Simultâneas – Manual do Usuário Versão 5.1. Rio de Janeiro, Dezembro.
- [31] Cárdenas, D. S. T. Assis T. M. L., Schilling, M.T., Ross R. P. D. (2010). Identificação Automática de Tensões de Sistemas Elétricos Definidos por Grafos, III SBSE – Simposio Brasileiro de Sistemas Elétricos, Belém, Brasil.
- [32] J. Rumbaugh, M. Blaha, W. Premerlani, F. Eddy and W. Lorezen, (1994). “Modelagem e Projetos Baseados em Objetos”, Editora Campus,.
- [33] HOARE, C.A.R. (1962). Quicksort, The Computer Journal 5, 10–15.
- [34] Intel® Fortran (2004). Libraries Reference. (disponível em <http://developer.intel.com/software/products/>).
- [35] Bompard E., Napoli R., Xue F. (2010). Extended topological approach for the assessment of structural vulnerability in transmission networks, IET Generation, Transmission & Distribution, Vol 4, Iss. 6, pp. 716-724.

* * *

SISTEMAS TESTE

O programa *Anatopo (Versão 1.0)* tem entrada de dados similar aos programas convencionais utilizados na indústria, tanto para estudos de fluxo de potência quanto para estudos de curto-circuito e confiabilidade.

Neste apêndice apresentam-se informações adicionais (diagramas e/ou listagens) dos sistemas-teste (vide Tabela 4.2).

SISTEMA-TESTE-1 FICTÍCIO DE 15 BARRAS

O sistema-teste de 15 barras foi criado para realização dos exemplos didáticos apresentados no Capítulo IV. A Figura A.1 apresenta a topologia desse sistema. Também na Tabela A.1 são mostrados os atributos deste sistema-teste.

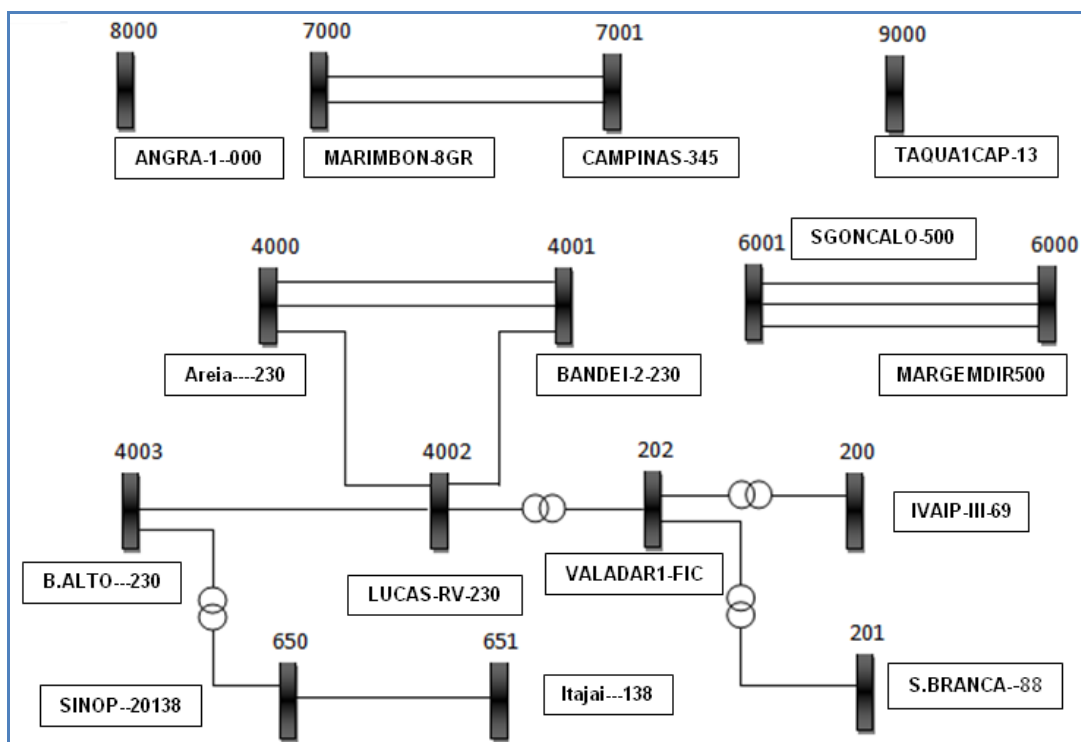


Figura A.1 – Sistema-Teste Fictício de 15 Barras

Tabela A.1– Listagem de Barras (Sistema-Teste 15 Barras)

Nº	Nome	Tensão (kV)	Nº	Nome	Tensão (kV)
200	IVAIP-III-69	69	4003	B.ALTO---230	230
201	S.BRANCA--88	88	6000	MARGEMDIR500	500
202	VALADAR1-FIC	999	6001	SGONCALO-500	500
650	SINOP--20138	138	7000	MARIMBON-8GR	345
651	Itajai---138	138	7001	CAMPINAS-345	345
4000	Areia----230	230	8000	ANGRA-1--000	500
4001	BANDEI-2-230	230	9000	TAQUA1CAP-13	13
4002	LUCAS-RV-230	230			

SISTEMA-TESTE-2 FICTÍCIO DE 33 BARRAS

O sistema-teste de 33 barras é um sistema encontrado na literatura ([29] Alves F. W., 2007) e foi utilizado para realização dos exemplos apresentados no Capítulo IV, item 4.1. A Figura A.2 apresenta a topologia desse sistema. A Tabela A.2 apresenta as tensões reais das barras deste sistema.

Tabela A.2– Listagem de Barras (Sistema-Teste 33 Barras)

Nº	Nome	Tensão (kV)	Nº	Nome	Tensão (kV)
800	GBMUNHOZ-3GR	99	933	AREIA----500	500
808	SCAXIAS--4GR	99	934	AREIA----230	230
810	SSEGRED0-4GR	99	938	BLUMENAU-500	500
814	BATEIAS--230	230	939	BLUMENAU-230	230
824	GBMUNHOZ-500	500	955	CNOVOS---500	500
839	CASCADEL-230	230	959	CURITIBA-500	500
840	CASCADEL-138	138	960	CURITIBA-230	230
848	FCHOPIM--138	138	964	CAXIAS---500	500
856	SEGRED0--500	500	965	CAXIAS---230	230
895	BATEIAS--500	500	976	GRAVATAI-500	500
896	CASCADELO500	500	995	ITA-----500	500
897	SCAXIAS--500	500	1030	MACHADIN-500	500
898	FCHOPIM--230	230	1047	SOSORIO--230	230
904	ITA-----3GR	99	1060	SSANTIAG-500	500
915	MACHADIN-1GR	99	1210	GRAVATAI-230	230
919	SOSOR1A4-4GR	99	2458	CASCADEL-230	230
925	SSANTIAG-3GR	99			

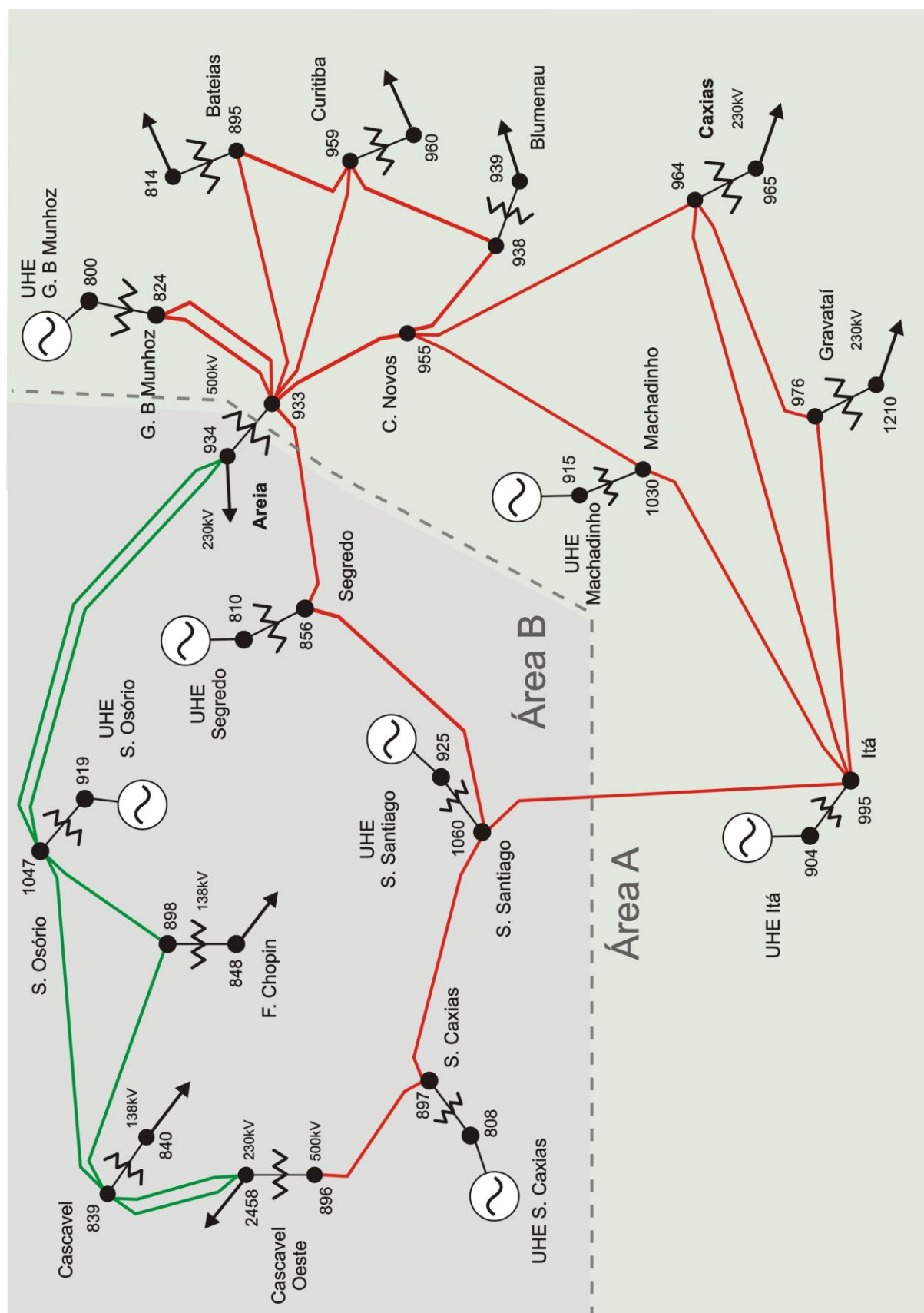


Figura A.2 – Sistema-Teste Fictício de 33 Barras

SISTEMA-TESTE-3 FICTÍCIO DE 58 BARRAS

Este sistema-teste foi criado para realização dos exemplos didáticos apresentados no Capítulo IV. A Figura A.3 ilustra a topologia desse sistema e na Tabela A.3 se apresentam os atributos essenciais dela.

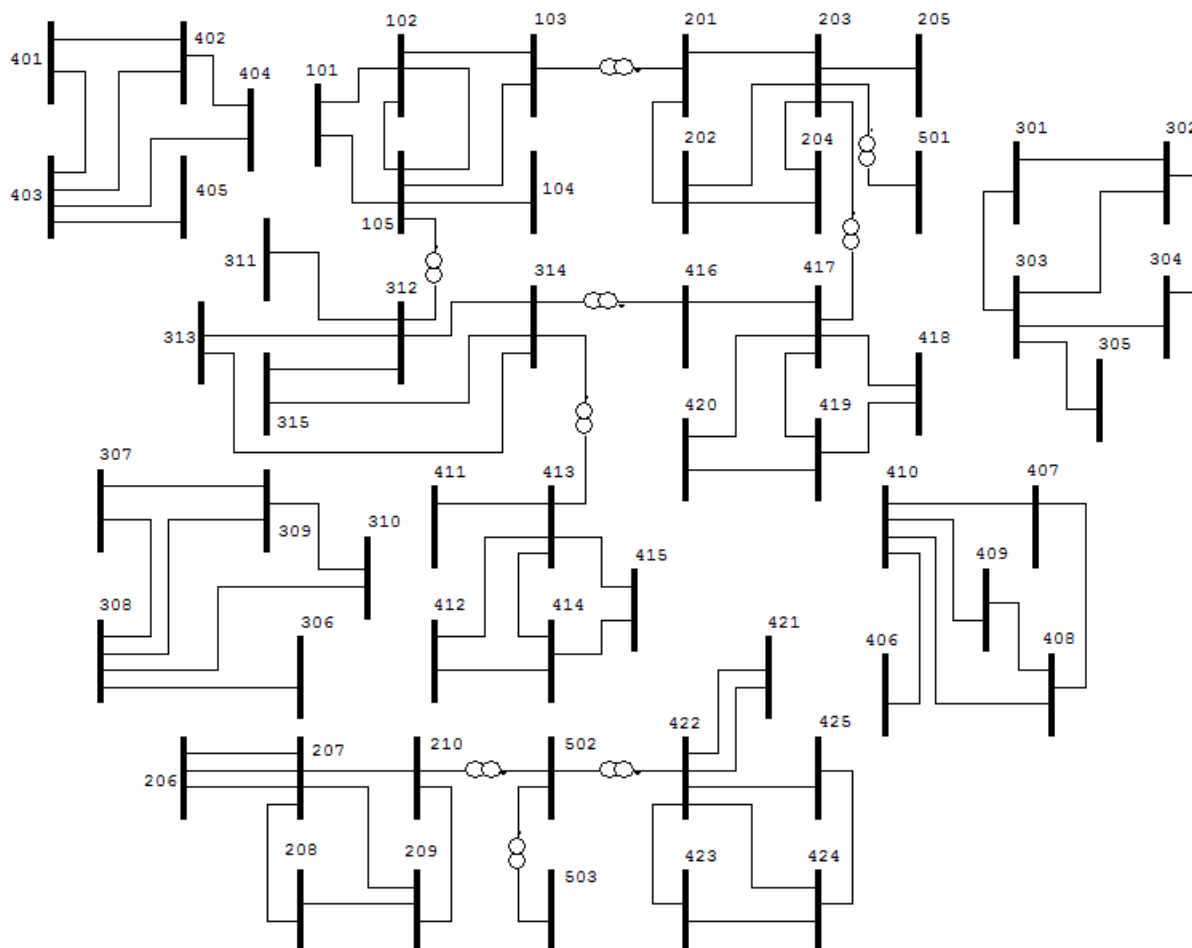


Figura A.3 – Sistema-Teste Fictício de 58 Barras

Tabela A.3– Listagem de Barras (Sistema-Teste 58 Barras)

N°	Nome	Tensão (kV)	N°	Nome	Tensão (kV)
101	FOZ.IG-PR750	750	315	BAGUAR-MG230	230
102	IV/FO1CAP750	750	401	THYSSE-RJ138	138
103	IV/FO2CAP750	750	402	CIM.TU-RJ138	138
104	IVAIPO-PR750	750	403	SIMARA-PA138	138
105	ITABER-SP750	750	404	CURUAAUHE006	138
201	T.PRETO--500	500	405	STAGAB-MT138	138
202	RESENDE--500	500	406	OMBREI-MT138	138
203	COLITACAP500	500	407	NGUAPO-MT138	138
204	LAJEAD-TO500	500	408	BROTAS-SP138	138
205	OPRET2-MG500	500	409	S.CRUIZ-SP138	138

Tabela A.3– Listagem de Barras (Sistema-Teste 58 Barras) - Continuação

N°	Nome	Tensão (kV)	N°	Nome	Tensão (kV)
206	VALESU-RJ500	500	410	S.ANTO-SP138	138
207	SLUITA-PA500	500	411	SJRPAR-SP138	138
208	SLUITACAP500	500	412	VRBRAN-MG138	138
209	INT-CUCAP500	500	413	CARAN2-MG138	138
210	TRINDA-GO500	500	414	B.BRAU-MG138	138
301	CENTR2-SP230	230	415	JFORA--MG138	138
302	PIRATI-SP230	230	416	PRMIN1-MG138	138
303	STACAB-SP230	230	417	CARAJA-PA138	138
304	ROBPE2CAP230	230	418	JACUAC-RJ138	138
305	JAURU--MT230	230	419	ITALVA-RJ138	138
306	BRASNO-MT230	230	420	LEOPOL-MG138	138
307	MBAIXO-GO230	230	421	B.COQU-GO138	138
308	BANDEI-GO230	230	422	BRAHMA-RJ138	138
309	RIOVER-GO230	230	423	M.VAZ--RJ138	138
310	NPECAN-RJ230	230	424	T.OLR1-RJ138	138
311	NIQUEL-PA230	230	425	VIGARI-RJ138	138
312	POTIG3-RN230	230	501	CCCP---SC069	69
313	CAMAC1-BA230	230	502	FICCEATAP138	999
314	RUROP--PA230	230	503	CMDCS2-BA000	99

SISTEMA-TESTE 4 DE 2220 BARRAS

Este sistema-teste baseia-se no arquivo do Sistema Interligado Nacional (SIN) utilizado para processamento em *tempo real* em Janeiro do 2010. Os dados deste arquivo encontram-se configurados para utilizar as funcionalidades do programa ANAREDE ([5] Cepel, 2008). A Tabela A.4 se apresenta os atributos essenciais dela.

Tabela A.4 – Listagem de Barras do Sistema-Teste 4 (2220 Barras)

N°	Nome Barra	Tensão (kV)	N°	Nome Barra	Tensão (kV)	N°	Nome Barra	Tensão (kV)	N°	Nome Barra	Tensão (kV)
10	RJUSAN0A	19.0	1265	PAleg9-1-FIC	1.0	9040	MCUSI12A	230.0	11286	MCUSCL0D	13.8
11	RJUSAN0D	25.0	1266	RSPAL90A	69.0	9042	PEAGD-2B	230.0	11287	MGUSMM0H	13.8
14	RJUSFL0A	13.8	1267	RSPAL92A	230.0	9050	RSGRA-2A	230.0	11290	MGUSMM0I	13.8
15	RJUSFL0B	13.8	1268	RSPAL02A	230.0	9052	SCUTLA2A	230.0	11291	MGUSMM0K	13.8
19	RJUSFL0C	13.8	1270	RSPA132A	230.0	9104	SPCUB-2A	230.0	11296	MSCGI-0A	13.8
21	MTUSMS0A	13.8	1276	RSSMA11A	138.0	9278	RSCCT-2A	230.0	11297	MSCGI-0B	13.8
22	MGUSMM0J	13.8	1278	RSSMA32A	230.0	9333	Figueira-FIC	999	11298	MSDOU-1A	138.0
42	GOSTBD0B	10.5	1281	RSSMT-2A	230.0	9392	BACMD-0B	13.8	11301	MSDOU-1B	138.0
43	GOSTBD0C	10.5	1283	RSSRO12A	230.0	9393	BACMD-0C	13.8	11302	MSIMB-1A	138.0
44	RJSTGR0A	13.8	1286	RSSVI-2A	230.0	9394	CERTZ-0E	26.0	11303	MSMIM-0B	13.8
45	ESSTVT0B	13.8	1291	RSTPR22A	230.0	9395	CEMLG-0B	12.3	11304	MSUTWA0A	13.8
46	RJSTCM0C	15.0	1294	RSUTUR2A	230.0	9425	SPUSLB0A	13.8	11305	MSUTWA0C	13.8
50	SPSTTP0B	20.0	1296	RSURU52A	230.0	9426	MGNEVE0F	13.8	11306	MTJU--1A	138.0
55	GOSTBT0B	13.8	1297	VenAires-FIC	1.0	9428	MAIZ--0C	13.8	11322	MTRP--0A	13.8
57	PRSTIV0B	69.0	1299	RSVAI-2A	230.0	9429	MAIZ--0D	13.8	11323	MTUGUA0B	13.8
58	IVAIPOR-FIC2	999	1313	RSGRA32A	230.0	9430	MAPD--0B	13.8	11324	MTUGUA0C	13.8
60	PRSTF67A	765.0	1314	RSGRA30A	69.0	9431	MAPD--0C	13.8	11325	MTUHPPOA	13.8
65	PRSTIV7A	765.0	1315	RSFIB-2A	230.0	9432	ESSTVT1B	138.0	11326	MTUHPPOB	13.8
66	PRSTIV5A	500.0	1320	RSLBA-2A	230.0	9433	ESSTVT1C	138.0	11327	MTUHPPOC	13.8
67	PRSTIV0A	69.0	1325	RSLVE22A	230.0	9434	SCUHI70A	16.0	11328	MTUIQ10A	13.8
68	IVAIPOR-FIC1	999	1330	RSATL22A	230.0	9435	SCUHI70E	16.0	11329	MTUIQ20A	13.8
72	SPSTIA7A	765.0	1331	RSATL20A	69.0	9436	BAUSB-0A	13.8	11330	MTUIQ20B	13.8
76	SPSTTP7A	765.0	1495	MGBGR-2A	230.0	9437	RSUDFR0A	13.8	11331	MTUIQ22A	230.0
77	SPSTTP5A	500.0	1497	MGSAB32A	230.0	9438	RSUDFR0B	13.8	11332	MTUIQ22B	230.0
78	SPSTTP3A	345.0	1503	MGITJ35A	500.0	9439	RSUITA0A	13.8	11333	MTUJAU0B	13.8
80	TPFIC500-AT3	999	1515	MGTACHO0D	138.0	9442	RSUITA0D	13.8	11334	MTUJAU0C	13.8
81	TPFIC345-AT4	999	1529	MGGUIL2A	230.0	9443	RSUJACO0A	13.8	11335	MTUSMS0B	13.8
85	PRSTF55A	500.0	1530	MGIPAT2A	230.0	9445	RSUJACO0C	13.8	11336	MTUSMS0C	13.8
86	SPSTIN3A	345.0	1531	MGIPAT1A	161.0	9446	RSUJACO0D	13.8	11338	MTUSMS0D	13.8
87	RJSTRS5A	500.0	1534	MGITAB2A	230.0	9447	RSUJACO0E	13.8	11343	PACAR-2A	230.0
90	ESSTVA3A	345.0	1543	MGFUNI1A	138.0	9448	RSUJACO0F	13.8	11344	PATU--00	13.8
97	SPSTGA3A	345.0	1545	MGNERA2A	230.0	9453	PRGBM-0A	16.5	11345	PATU--0U	13.8
100	MGUSMR5A	500.0	1560	MGUHEC1A	138.0	9454	PRGBM-0B	16.5	11347	PATU--0V	13.8
101	SPSTAR5A	500.0	1585	MGTACHO0D	13.8	9455	PRGBM-0C	16.5	11348	PATU--0W	13.8
102	MGSTPC5A	500.0	1586	MGTACHO0D	18.0	9456	PRGBM-0D	16.5	11349	PATU--0X	13.8
103	SPSTCA5A	500.0	1591	MESQUIT3-FIC	1.0	9461	PRGFSU2A	230.0	11350	PATU--0Y	13.8
104	SPSTCH5A	500.0	1592	MGPORT2A	230.0	9462	PRGFSU2B	230.0	11389	PATU--0Z	13.8
105	RJSTAN5A	500.0	1600	RJWLS-1A	138.0	9463	PRGFSU2C	230.0	11401	PATU--5I	500.0
106	RJSTAD5A	500.0	1601	RJSPC-1A	138.0	9464	PRGFSU2D	230.0	11402	PATU--5J	500.0
107	RJSTGR5A	500.0	1602	RJTRS-1A	138.0	9468	PATU--0A	13.8	11403	PATU--5K	500.0
108	RJSTSJ5A	500.0	1603	RJCFR-1A	138.0	9469	PATU--0B	13.8	11405	PBCGD-0A	69.0
110	GR--FIC1-T52	999	1604	RJVTL-1A	138.0	9470	PATU--0D	13.8	11406	PBCGD-0B	13.8
120	MGSTPC3A	345.0	1605	RJCXS-1A	138.0	9471	PATU--0E	13.8	11407	PEAGL-0A	69.0
121	PC--FIC-AT51	999	1606	RJELD-1A	138.0	9472	PATU--0F	13.8	11408	PEUTCB	69.0
122	SPSTIN5A	500.0	1607	RJCRO-1DCR11	138.0	9473	PATU--0H	13.8	11409	PIUBE-0A	13.8
123	SPSTCA3A	345.0	1608	RJAGR-1A	138.0	9474	PATU--0I	13.8	11410	PIUBE-0B	13.8
124	CAMPINA1-FIC	999	1609	RJOLR-1A	138.0	9475	PATU--0J	13.8	11411	PIUBE-0C	13.8
125	IBIUNA--CAP1	500.0	1610	RJMTC-1A	138.0	9476	PATU--0K	13.8	11414	PIUBE-0D	13.8
126	SPSTGA3B	345.0	1611	RJTEN-1A	138.0	9477	PATU--0L	13.8	11415	PRARC-0A	18.0
129	SPSTMO3A	345.0	1612	RJDMC-1A	138.0	9479	PATU--5B	500.0	11416	PRARC-0B	18.0
130	IBIUNA--CAP2	500.0	1613	RJCIP-1DCI22	138.0	9480	PATU--5C	500.0	11417	PRARC-2A	230.0
131	MGUSMM3A	345.0	1614	RJTHY-1DTH11	138.0	9481	PATU--5D	500.0	11418	PRARC-2B	230.0
134	SPUSLB3A	345.0	1615	RJFFIC-1A	138.0	9482	PATU--5E	500.0	11422	PRFRA-0B	13.8
135	JAC-T1A--FIC	999	1618	RJCLG-1A	138.0	9483	PATU--5F	500.0	11425	PRGNB-5A	500.0
136	MCUSFU3A	345.0	1619	RJRSD-1A	138.0	9484	PAVC--0B	13.8	11431	PRGNB-5B	500.0
137	JAC-T2A--FIC	999	1620	RJCCCL-1A	138.0	9485	PAVC--0C	13.8	11432	PRGNB-5C	500.0
138	MGITSE3A	345.0	1621	RJFTL-1A	138.0	9490	PBCGD-0E	26.0	11436	PRGNB-5D	500.0
140	RJSTAD3A	345.0	1625	RJJAB-1A	138.0	9492	BAPAQ-2A	230.0	11437	PRIT600J	18.0
141	ADRI-500-T53	999	1627	RJQMD-1A	138.0	9493	BAPAQ-2B	230.0	11443	PRREP-2A	230.0
142	ADRI-500-T55	999	1629	RJNIG-1A	138.0	9495	BAUSB-0B	13.8	11444	PRSCX-0A	16.0
143	ADRIAN-F-T2B	999	1630	RJCRO-1A	138.0	9497	BAUSD-0C	13.8	11445	PRSTIV5B	500.0
144	RJSTJP3A	345.0	1631	RJMNB-1A	138.0	9498	BAUSD-0D	13.8	11446	PRSTIV5C	500.0
145	ADRIAN-F-T1B	999	1632	RJFPVN-1A	138.0	9500	BAUSD-2A	230.0	11447	PYIT500A	18.0
146	ADRIAN-F-T2A	999	1633	RJGDL-1A	138.0	9502	BAUSQ-0B	18.0	11448	PYIT500B	18.0
147	RJSTCM3A	345.0	1634	RJSPAN-1A	138.0	9504	BAUSQ-0D	18.0	11450	PYIT500C	18.0
148	CAMPOS---FIC	999	1635	RJAVD-1A	138.0	9505	BAUSQ-0E	18.0	11451	PYIT500D	18.0
149	ESSTVT3A	345.0	1636	RJTUR-1A	138.0	9506	BAUSQ-0F	18.0	11452	PYIT500E	18.0
150	VITO-FIC-AT1	999	1637	RJESP-1A	138.0	9508	BAUSQ-5B	500.0	11453	PYIT500F	18.0
152	VITO-FIC-AT2	999	1638	RJAEF-1A	138.0	9510	BAUSQ-5D	500.0	11454	PYIT500G	18.0
153	VITO-FIC-AT3	999	1639	RJMT0-1A	138.0	9511	BAUSQ-5E	500.0	11455	PYIT500H	18.0
158	VITO-FIC-AT4	999	1640	RJPMG-1A	138.0	9512	BAUSQ-5F	500.0	11456	PYIT500I	18.0
161	SPSTMO2A	230.0	1641	RJVVQ-1A	138.0	9513	BAUST-0A	13.8	11457	PYIT500J	18.0
162	CAMP-AT1-FIC	999	1642	RJCRD-1A	138.0	9514	BAUST-0B	13.8	11458	PYSEMD2A	220.0
164	PC--FIC-AT02	999	1643	RJLIN-1A	138.0	9517	BAUST-2A	230.0	11459	RJCTR-1A	138.0
166	JAC-T1B--FIC	999	1646	RJBAR-1DBA11	138.0	9518	BAUST-2B	230.0	11460	RJFTN-0B	6.6
169	RJSTSJ1A	138.0	1647	RJBAR-1A	138.0	9522	BAUSU-0B	13.8	11461	RJFTN-0C	6.6
170	MGSTPC1A	138.0	1648	RJSCO-1A	138.0	9524	BAUSU-2A	230.0	11462	RJFTN-0D	6.6
172	RJSTIB1A	138.0	1649	RJLPD-1A	138.0	9525	ALUXG-0A	18.0	11463	RJNLP-0A	6.6
173	RJSTAD1A	138.0	1650	RJRCP-1A	138.0	9526	ALUXG-0B	18.0	11464	RJNLP-0B	6.6
174	RJSTRL1A	138.0	1651	RJJDB-1DJB11	138.0	9527	ALUXG-0C	18.0	11465	RJNLP-0C	13.8
175	RJSTCM1A	138.0	1652	RJJDB-1DJB22	138.0	9528	ALUXG-0D	18.0	11466	RJNLP-0D	13.8
177	ESSTVT1A	138.0	1653	RJBFI-1A	138.0	9529	ALUXG-0E	18.0	11469	RJNLP-0E	13.8
178	RJSTGR1A	138.0	1655	RJPBR-1A	138.0	9530	ALUXG-0F	18.0	11470	RJNLP-0F	13.8
179	GR--FIC2-T54	999	1667	RJDUU-1A	138.0	9531	CEUTC0A	230.0	11471	RJPPS-0A	11.5
180	RJSTJP1A	138.0	1669	RJDCCT-1A	138.0	9535	RSUPRE0B	13.8	11472	RJPPS-0C	11.5
181	RJSTAN1B	138.0	1671	RJBML-1A	138.0	9540	PRGFSU0A	13.8	11477	RJSCI-0B	6.6
182	RJUSFL1A	138.0	1672	RJMDU-1A	138.0	9541	PRGFSU0B	13.8	11478	RJSCI-0C	6.6
183	SPSTCH1A	138.0	1674	RJBAB-1A	138.0	9542	PRGFSU0C	13.8	11479	RJSCI-0D	6.6
184	RJUSSC1A	138.0	1675	RJCIP-1A	138.0	9543	PRGFSU0D	13.8	11480	RJSCI-0E	6.6
185	RJSTAN1A	138.0	1676	RJSBM-1A	138.0	9544	SPNFP-4A	440.0	11481	RJUSAN5A	500.0
187	MGUSMM1A	138.0	1677	RJTHY-1A	138.0	9545	SPNFP-4B	440.0	11482	RJUSAN5B	500.0
190	MGUSCL1A	138.0	1678	RJITP-1A	138.0	9546	PRSCX-0B	16.0	11484	RJUTGB0C	18.0
200	UCAMPOS-FIC1	999	1693	RJVGE-1A	138.0	9547	PRSCX-0C	16.0	11485	RJUTGB0D	13.8

Continua...

Tabela A.4 – Listagem de Barras do Sistema-Teste 4 (2220 Barras) - Continuação

Nº	Nome Barra	Tensão (kV)	Nº	Nome Barra	Tensão (kV)	Nº	Nome Barra	Tensão (kV)	Nº	Nome Barra	Tensão (kV)
201	RJUSCP0A	13.8	1695	RJCUR-1A	138.0	9548	PRSCX-0D	16.0	11486	RJUTGB0E	13.8
202	UCAMPOS-FIC2	999	1697	RJCMS-1A	138.0	9549	PRGNB-0A	13.8	11487	RJUTGB0F	13.8
203	RJUSCP0B	13.8	1715	RJITA-0A	69.0	9550	PRGNB-0B	13.8	11492	RJUTGB0G	13.8
206	RJSTAD0B	13.8	1717	RJMGE-1A	138.0	9551	PRGNB-0C	13.8	11493	RJUTGB0H	13.8
210	MGUSIM5A	500.0	1718	RJMGE-0A	69.0	9552	PRGNB-0D	13.8	11494	RJUTGB0I	13.8
211	CAMPOS--FIC2	999	1723	RJALC-0A	69.0	9559	RSGRA-2B	230.0	11495	RJUTML0A	13.8
213	MGUSMR3A	345.0	1728	RJSTIR1A	138.0	9560	RSGRA-2C	230.0	11496	RJUTML0B	13.8
214	MARIMBON-FIC	999	1730	RJALC-1A	138.0	9566	RSUHFF2A	230.0	11497	RJUTML0C	13.8
216	MGUSCL3A	345.0	1731	RJGKD-1A	138.0	9568	PRUHS55A	500.0	11498	RJUTML0D	13.8
217	MGUSIM3A	345.0	1732	RJPDR-1A	138.0	9569	SCUHI0B	16.0	11499	RJUTML0E	13.8
218	GOSTBD3A	345.0	1733	RJGAB-1A	138.0	9570	SCUHI0C	16.0	11500	RJUTML0F	13.8
219	DFSTB3A	345.0	1734	RJSPT-1A	138.0	9571	SCUHI0D	16.0	11501	RJUTML0G	13.8
220	GOUSCB3A	345.0	1735	RJING-1A	138.0	9572	RSUHFF0A	13.8	11502	RJUTML0H	13.8
222	BSUL-FIC-230	999	1736	RJVDP-1A	138.0	9573	RSUHFF0B	13.8	11503	RJUTML0I	13.8
223	BANDE-FIC-T1	999	1737	RJZSL-1A	138.0	9574	RSUHFF2B	230.0	11506	RJUTML0J	13.8
224	BANDE-FIC-T2	999	1739	RJARS-1A	138.0	9575	PRUHS00A	13.8	11507	RJUTML0K	13.8
225	MGUSIM2A	230.0	1742	RJPAR-1A	138.0	9576	PRUHS00B	13.8	11508	RJUTML0L	13.8
226	GOSTBD2A	230.0	1745	RJROL-1A	138.0	9577	PRUHS00C	13.8	11509	RJUTML0M	13.8
227	DFSTBG2A	230.0	1750	RJMBU-0D	69.0	9578	PRUHS00D	13.8	11510	RJUTML0N	13.8
228	DFSTBS2A	230.0	1751	RJMBU-1A	138.0	9579	PRUHS00E	13.8	11511	RJUTML0O	13.8
229	GOSTBT2A	230.0	1752	RJNFR-1A	138.0	9580	PRUHS00F	13.8	11512	RJUTML0P	13.8
230	GOSTSM2A	230.0	1754	RJTER-1A	138.0	9581	PRUHS02A	230.0	11518	RJUTML0Q	13.8
231	GOSTRV2A	230.0	1755	RJERC-1A	138.0	9582	PRUHS02B	230.0	11519	RJUTML0R	13.8
233	DFSTSB5A	500.0	1756	RJERC-0B	69.0	9583	PRUHS02C	230.0	11522	RJUTML0S	13.8
234	DFSTSB3A	345.0	1759	RJMOB-1A	138.0	9584	PRUHS02D	230.0	11523	RJUTML0T	13.8
235	GOSTSM5A	500.0	1760	RJUSCP1A	138.0	9585	PRUHS02E	230.0	11524	RJUTNF0A	15.0
236	DFSTBS1A	138.0	1761	RJUSCP0C	69.0	9586	PRUHS02F	230.0	11525	RJUTNF0B	15.0
237	DFSTBS1A	138.0	1762	RJDIC-1A	138.0	9587	PRUHS00A	19.0	11526	RJUTNF0C	15.0
238	GOSTRV1A	138.0	1763	RJDIC-0A	69.0	9588	PRUHS00B	19.0	11527	RJVIG-0B	6.6
240	R.VERDE--FIC	999	1764	RJGUA-0A	69.0	9589	PRUHS00C	19.0	11528	RJVIG-0C	6.6
244	BSUL-FIC--T7	999	1770	RJMUR-1A	138.0	9590	PRUHS00D	19.0	11529	RJVIG-0D	6.6
251	RJNLP-1A	138.0	1771	RJJAC-1A	138.0	9591	PRUHS55B	500.0	11530	RJVIG-0E	6.6
252	RJNLP-2A	230.0	1773	RJANG-1A	138.0	9594	SCUTLA0E	13.8	11531	RJVIN-0A	69.0
254	RJFTN-1A	138.0	1882	MSRBR-1A	138.0	9601	SCUTLB2C	230.0	11532	RNUJSP0A	18.0
256	RJPSS-1A	138.0	1889	MSIMB-2A	230.0	9602	SCUTLB2D	230.0	11533	ROSU--0A	13.8
257	RJILH-0A	6.6	1890	MSCGI-1A	138.0	9603	SCUTLC0A	20.0	11534	ROSU--0B	13.8
258	RJLH-1A	138.0	2040	SPBOT-0A	88.0	9604	SCUTLC2B	230.0	11535	ROSU--0C	13.8
260	RJSCI-1A	138.0	2045	SPORI-0A	88.0	9606	MGBAR0B	13.8	11536	ROSU--0D	13.8
262	RJVIG-1A	138.0	2086	RSSCH-2A	230.0	9608	MGEMBO0A	16.5	11537	ROSU--2A	230.0
263	RJTQR-1A	138.0	2277	SPMDC-1A	138.0	9609	MGEMBO0B	16.5	11538	ROSU--2B	230.0
265	RJVCN-1A	138.0	2353	PRCSO-2A	230.0	9610	MGEMBO0C	16.5	11539	ROSU--2C	230.0
266	RJSTC-1A	138.0	2359	PRBTA-1A	138.0	9611	MGEMBO0D	16.5	11540	ROSU--2D	230.0
270	RJCDV-1A	138.0	2383	PRPFL-1A	138.0	9612	MGJGSE3B	345.0	11541	RSCHA-2A	230.0
271	RJMRT-1A	138.0	2401	PRUBR-0A	69.0	9613	MGJGSE3C	345.0	11542	RSPME-2A	230.0
272	RJTRG-1A	138.0	2423	PRJGI-1A	138.0	9614	MGJGUS0A	13.8	11543	RSUHCA0A	13.8
273	RJSD-1A	138.0	2437	PRPGS-1A	138.0	9615	MGJGUS0B	13.8	11544	RSUHMCOA	13.8
274	RJVVD-1A	138.0	2447	FIGUACUN-138	138.0	9616	MGJGUS0C	13.8	11545	RSUHMCOB	13.8
275	RJCCD-1A	138.0	2458	PRCVO-2A	230.0	9617	MGJGUS0D	13.8	11546	RSUHMCOB	13.8
276	RJBRI-1A	138.0	2459	PRPFL-2A	230.0	9618	MGJGUS3A	345.0	11547	RSUHQJ0A	13.8
277	RJZIN-1A	138.0	2477	PRSMC-2A	230.0	9624	MGNPON0A	13.8	11548	RSUPME2E	230.0
278	RJPLM-1A	138.0	2485	PRFRA-1A	138.0	9625	MGNPON0B	13.8	11549	RSUTST2C	18.0
279	RJCCB-1A	138.0	2526	GOUCB41A	138.0	9626	MGNPON0C	13.8	11550	RSUTST2A	230.0
281	RJRT0-1A	138.0	2606	ESSBOA1A	138.0	9627	MGOPR20C	13.8	11551	SCJNO-2A	230.0
283	RJTSU-1A	138.0	2609	ESSAL1A	138.0	9632	MGSSUS0A	16.5	11552	SCUHBG0B	16.0
284	RJFCN-1A	138.0	2613	ESSBFE1A	138.0	9634	MGSSUS0C	16.5	11553	SCUHBG0C	16.0
285	RJCSO-1A	138.0	2614	ESSCIT1A	138.0	9635	MGSSUS0D	16.5	11554	SCUHBG2A	230.0
286	RJRFR-1A	138.0	2615	ESSCIT0A	69.0	9636	MGSSUS0E	16.5	11555	SCUHBG2B	230.0
287	RJSRP-1A	138.0	2619	ESSTVA1A	138.0	9637	MGSSUS0F	16.5	11556	SCUHBG2C	230.0
288	RJROS-1A	138.0	2620	ESSCAR1A	138.0	9638	MGSSUS5A	500.0	11557	SCUHCN0A	13.8
289	RJCMR-1A	138.0	2622	ESSCEA1A	138.0	9640	MGSSUS5C	500.0	11558	SCUHCN0B	13.8
291	RJMCL-1A	138.0	2623	ESSCAT1A	138.0	9641	MGSSUS5D	500.0	11559	SCUHCN0C	13.8
293	RJCHR-1A	138.0	2624	ESSCIV1A	138.0	9642	MGSSUS5E	500.0	11560	SCUHMA0C	16.0
295	RJGRD-1A	138.0	2626	ESSCRC1A	138.0	9643	MGSSUS5F	500.0	11561	SCUHMA5A	500.0
298	RJFJB-1A	138.0	2629	ESCST-1A	138.0	9646	MGVGRA0A	13.8	11562	SCUHSPOB	13.8
299	GOSD--5A	500.0	2631	ESSFRU1A	138.0	9647	MGVGRA0B	13.8	11563	SCUQX0A	13.8
308	MGBARB3A	345.0	2634	ESSPIT1DPT1	138.0	9648	MGVGRA0C	13.8	11564	SCUQX0B	13.8
309	MGBARB1A	138.0	2635	ESSGUA1A	138.0	9649	MGVGRA0D	13.8	11565	SCUQX0C	13.8
313	MGBARB3A	345.0	2638	ESSIBEL1A	138.0	9650	SPAGV-0A	16.0	11566	SCXAN-1B	138.0
314	MGBARR1A	138.0	2639	ESSITM1DITM1	138.0	9651	SPAGV-0B	16.0	11567	SCXAN-1C	138.0
316	BARREIRO-FIC	999	2640	ESSITM1A	138.0	9652	SPAGV-0C	16.0	11568	SCXAN-1D	138.0
319	MGCPE2A	230.0	2643	ESSJGR1DJGR1	138.0	9653	SPAGV-0D	16.0	11569	SEJDM-0A	69.0
320	MGEMBO5A	500.0	2644	ESSJGR1A	138.0	9654	SPAGV-0E	16.0	11570	SPBAB-0A	13.8
321	MGEMBO1A	138.0	2645	ESSJNE1A	138.0	9655	SPAGV-0F	16.0	11571	SPBAB-0B	13.8
323	MGITSE1A	138.0	2652	ESSITR1A	138.0	9656	SPCHV-0B	13.8	11572	SPBAB-0C	13.8
325	MGJGSE5A	500.0	2653	ESSLIN1A	138.0	9657	SPCHV-0C	13.8	11573	SPBAB-0D	13.8
326	MGJGSE3A	345.0	2654	ESMASC2A	230.0	9658	SPCHV-0D	13.8	11591	SPBAR-0A	13.8
327	MGSOBR1A	138.0	2655	ESMASC1A	138.0	9659	SPCHV-0E	13.8	11592	SPBAR-0B	13.8
330	MGJGUS1A	138.0	2656	ESSITP1A	138.0	9660	SPCPV-0A	14.4	11593	SPCAC-0A	13.8
331	MGJFOR3A	345.0	2658	ESSNVE1A	138.0	9661	SPCPV-0B	14.4	11594	SPCAC-0B	13.8
332	MGJFOR1A	138.0	2664	ESSPIH1A	138.0	9662	SPCPV-0C	14.4	11595	SPCNO10B	6.9
336	MGLAFA3A	345.0	2665	ESSPIU1A	138.0	9663	SPCPV-0D	14.4	11596	SPCNO10C	6.9
337	MGLAFA1A	138.0	2666	ESSPIT1A	138.0	9664	SPILS-0A	14.4	11597	SPCNO10D	6.9
340	MGMIRA1A	138.0	2667	ESSPRA1A	138.0	9665	SPILS-0B	14.4	11598	SPCNO20B	6.9
341	MGMCL23A	345.0	2672	ESURB00B	69.0	9666	SPILS-0C	14.4	11599	SPCNO20C	6.9
344	MGMESQ5A	500.0	2676	ESSSGA1A	138.0	9667	SPILS-0D	14.4	11600	SPCTR-0A	88.0
345	MGMESQ2A	230.0	2680	ESUSUI1A	138.0	9668	SPILS-0E	14.4	11601	SPEUC-0A	13.8
348	MGGVAL1A	138.0	2681	ESUSUI0D	69.0	9669	SPILS-0F	14.4	11602	SPEUC-0B	13.8
349	MGNEVE5A	500.0	2687	ESSALE0A	69.0	9670	SPILS-0G	14.4	11603	SPEUC-0C	13.8
350	MGNEVE3A	345.0	2688	ESSMAMO	69.0	9671	SPILS-0H	14.4	11604	SPEUC-0D	13.8
353	MGNEVE1A	138.0	2689	ESSMSU0A	69.0	9672	SPILS-0I	14.4	11605	SPIBI-0A	13.8
354	MGNEVE0D	13.8	2690	ESRSL-0B	69.0	9673	SPILS-0J	14.4	11606	SPIBI-0B	13.8
355	MGNEVE0C	13.8	2706	SCDRO-1A	138.0	9674	SPILS-0K	14.4	11607	SPIBI-0C	13.8
356	NEVES-FIC-T1	999	2721	SCBE-1A	138.0	9675	SPILS-0L	14.4	11608	SPJAG-0B	13.8
357	NEVES-FIC-T2	999	2752	SCGPR-1A	138.0	9676	SPILS-0M	14.4	11609	SPJAG-0C	13.8

Continua...

Tabela A.4 – Listagem de Barras do Sistema-Teste 4 (2220 Barras) - Continuação

N°	Nome Barra	Tensão (kV)	N°	Nome Barra	Tensão (kV)	N°	Nome Barra	Tensão (kV)	N°	Nome Barra	Tensão (kV)
358	NEV-FIC2-138	999	2771	SCIBA-1A	138.0	9677	SPILS-0N	14.4	11610	SPLMO-0A	13.8
359	NEV-FIC1-138	999	2799	SCJSC-1A	138.0	9678	SPILS-0O	14.4	11611	SPLMO-0B	13.8
360	MGNPON5A	500.0	2805	SCLAG-1A	138.0	9679	SPILS-0P	14.4	11612	SPNAV-0A	13.8
363	JFORAT3--FIC	999	2830	SCPCS-1A	138.0	9680	SPILS-0Q	14.4	11613	SPNAV-0B	13.8
366	JFORAT4--FIC	999	2832	SCPZO-1A	138.0	9681	SPILS-0R	14.4	11614	SPNAV-0C	13.8
367	MGPIME3A	345.0	2838	SCUQX1A	138.0	9683	SPILS-0T	14.4	11615	SPORI-0B	13.8
368	MGPIME1A	138.0	2847	SCRUS-1A	138.0	9684	SPJUP-0A	13.8	11616	SPORI-0C	13.8
369	JFORAT5--FIC	999	2863	SCUHSP0A	13.8	9685	SPJUP-0B	13.8	11617	SPORI-0D	13.8
370	MGSSSE5A	500.0	2864	SCUHSP1A	138.0	9687	SPJUP-0D	13.8	11618	SPPAR-0A	88.0
372	MGTAQU3A	345.0	2896	SCXXE-1A	138.0	9688	SPJUP-0E	13.8	11619	SPPAR-0B	13.8
373	MGTAQU2A	230.0	2907	ESSPIR1A	138.0	9689	SPJUP-0F	13.8	11620	SPPAR-0C	13.8
376	MGTAQU1A	138.0	2909	ESSTVE1A	138.0	9690	SPJUP-0G	14.4	11621	SPPJU-0A	10.0
378	MGS GPA5A	500.0	2942	GOPRS-2A	230.0	9691	SPJUP-0H	13.8	11622	SPPPR-0B	13.8
380	MGTMAR3A	345.0	2978	GOPRB-2A	230.0	9692	SPJUP-0I	13.8	11623	SPPPR-0C	13.8
381	MGTMAR2A	289.0	2987	GOLD-2A	230.0	9693	SPJUP-0J	13.8	11624	SPPPR-0D	13.8
382	MGTMAR1A	138.0	2988	GOITP-2A	230.0	9694	SPJUP-0K	13.8	11625	SPPPR-0E	13.8
384	MGOPR25A	500.0	2990	GOPAL-2A	230.0	9695	SPJUP-0L	13.8	11626	SPPPR-0F	13.8
385	MGOPR23A	345.0	2992	GOFIR-2A	230.0	9696	SPJUP-0N	13.8	11627	SPPPR-0G	13.8
386	MGOPR21A	138.0	3005	SM2-LUZ--500	500.0	9697	SPJUP-0O	13.8	11628	SPPPR-0H	13.8
387	OPRETO--FIC2	999	3006	LUZ-SM2--500	500.0	9699	SPJUR-0B	13.8	11629	SPPPR-0I	13.8
388	OPRETO--FIC1	999	3007	GOLUZ-5A	500.0	9700	SPSAG-0B	13.8	11630	SPPPR-0J	13.8
390	MGS GOT5A	500.0	3008	MGPR4-5A	500.0	9701	SPSAG-0C	13.8	11632	SPPPR-0K	13.8
391	MGS GOT3A	345.0	3010	MGEST-5A	500.0	9702	SPSAG-0D	13.8	11633	SPPPR-0L	13.8
394	MGGVAL2A	230.0	3011	SPRR-5A	500.0	9703	SPSAG-0E	13.8	11635	SPPPR-0M	13.8
396	MGVGRA3A	345.0	3012	MCEST-3A	345.0	9704	SPTAQ-0A	13.8	11636	SPPPR-0N	13.8
398	MGVPA3A	345.0	3178	SPPRP51A	138.0	9705	SPTAQ-0B	13.8	11637	SPPPR-0O	13.8
399	MGVPA11A	138.0	3700	GORBO-1A	138.0	9706	SPTAQ-0C	13.8	11638	SPPPR11A	138.0
410	SPESO-2A	230.0	3701	GORCL-1A	138.0	9707	SPTAQ-0D	13.8	11639	SPPRO-0A	13.8
411	SPESO-0A	88.0	3723	GOSTPS2A	230.0	9708	SPTAQ-0E	13.8	11640	SPPRO-0B	13.8
414	SPOES-4A	440.0	3816	SPMOG11A	138.0	9712	SPTRI-0A	14.4	11641	SPPRO-0C	13.8
415	SPOES-0A	88.0	3901	MSLCP-0D	138.0	9713	SPTRI-0B	14.4	11642	SPROS-0A	13.8
421	SPPRI-2A	230.0	3960	R.VERDE-FIC2	1.0	9714	SPTRI-0C	14.4	11643	SPROS-0B	13.8
425	SPCTT-2A	230.0	3961	GOSTRV0A	13.8	9715	SPTRI-0D	14.4	11644	SPROS-0C	13.8
427	SPCTR-2A	230.0	3963	RJUTNF3A	345.0	9733	DFSTBS0C	13.8	11645	SPROS-0D	13.8
431	SPANH-2A	230.0	3964	GOUHCB0A	13.8	9734	DFSTBS0D	13.8	11646	SPSUL-0A	88.0
435	SPNOR-3A	345.0	3965	GOUHCB2A	230.0	9737	SPSTCA1A	138.0	11647	TOUHPA0A	13.8
436	SPNOR-0A	88.0	3966	RJSTMH3A	345.0	9738	SPSTCA1B	138.0	11648	TOUHPA0B	13.8
438	SPMRE-3A	345.0	3975	RJUTBL1A	138.0	9739	SPSTCA1C	138.0	11649	TOUHPA0C	13.8
439	SPANH-3A	345.0	3980	RJITR-1A	138.0	9740	SPSTCA1D	138.0	11650	TOUHSAA0A	13.8
442	SPNOD-3A	345.0	3992	TAP-TRS2-138	138.0	9742	PRSTF65A	500.0	11651	TOUHSAA0B	13.8
443	SPNOD-0A	88.0	4017	MGPCDA1A	138.0	9743	PRSTF65B	500.0	11652	TOUHSAA2A	230.0
444	SPANH-0A	88.0	4018	MGVTFJ1A	138.0	9744	PRSTF65C	500.0	11653	BABJ5-2TR2	999
446	SPMGI-2A	230.0	4027	MGVFND1A	138.0	9745	PRSTF65D	500.0	11654	BACMD-2TR7	999
447	SPMGI-0A	88.0	4028	MGVFND5A	500.0	9746	SPSTIN0A	20.0	11655	BAUAS-2TR1	999
448	SPITE-2A	230.0	4043	MGAISE2A	230.0	9747	SPSTIN0B	20.0	11656	BAUAS-2TR2	999
449	SPITE-3A	345.0	4050	MGBDE35A	500.0	9748	SPSTIN0C	20.0	11657	BAUSB-5TR1	999
454	SPSJC-2A	230.0	4053	MGAMD11A	138.0	9749	SPSTIN0D	20.0	11658	BAUSB-5TR2	999
455	SPSJC-0A	88.0	4055	MGAMD21A	138.0	9759	GOUSCB0B	13.8	11659	BAUSB-5TR3	999
458	SPAPA-2A	230.0	4065	MGIRAE3A	345.0	9760	GOUSCB0C	13.8	11660	BAUSD-2TR2	999
459	SPAPA-0A	88.0	4070	MGACU22A	230.0	9761	MGUSFU0A	15.0	11661	BAUSD-2TR4	999
461	SPSCA-2A	230.0	4071	MGIRAE2A	230.0	9763	MGUSFU0C	15.0	11662	CEFT2-2TR5	999
462	SPSCA-0A	88.0	4081	MGACU22A	138.0	9765	MGUSFU0E	15.0	11663	CEMLG-2TR5	999
464	SPLES-3A	345.0	4105	RJOWI-1A	138.0	9767	MGUSFU0G	15.0	11664	DFSTBS3TR1	999
466	SPRRF-3A	345.0	4202	RJUTGB1A	138.0	9768	MGUSFU0H	15.0	11665	DFSTBS3TR2	999
467	SPRRF-0A	88.0	4502	MTBP--2A	230.0	9769	MGUSIM0A	13.8	11666	GOANH-2TR1	999
471	SPBSA-3A	345.0	4505	MGUSIM2BC2	230.0	9770	MGUSIM0B	13.8	11667	GOANH-2TR2	999
472	SPBSA-2A	230.0	4508	BP-RV--1-230	230.0	9771	MGUSIM0C	13.8	11668	MAIZ--2TF1	999
473	SPBSA-0A	88.0	4513	MTCM--1A	138.0	9772	MGUSIM0D	13.8	11669	MAPD--2TF3	999
474	SPSUL-3A	345.0	4514	MTCB--5A	500.0	9773	MGUSIM0E	13.8	11670	MGBARB3TR1	999
477	SPCCL-2A	230.0	4515	MTCB--2A	230.0	9776	SPUSLB0C	13.8	11671	MGBARB3TR2	999
480	SPHBS-2A	230.0	4517	MTRB--5A	500.0	9777	SPUSLB0D	13.8	11672	MGGUL2TR1	999
481	SPHBE-0A	88.0	4518	MTRB--2A	230.0	9778	SPUSLB0E	13.8	11673	MGGUL2TR2	999
484	SPPIR-2A	230.0	4521	MTUIQ12A	230.0	9780	MGUSMM0A	13.8	11674	MGJGUS3TR1	999
485	SPPIR-0A	88.0	4522	MTRP--2A	230.0	9781	MGUSMM0B	13.8	11675	MGJGUS3TR3	999
488	SPINT-3A	345.0	4524	RON-CUI--230	230.0	9782	MGUSMM0C	13.8	11676	MGLAF3TR3	999
489	SPINT-2A	230.0	4528	RONDON-2-FIC	1.0	9783	MGUSMM0D	13.8	11677	MGLAF3TR4	999
490	SPINT-2B	230.0	4529	RONDON-1-FIC	1.0	9785	MGUSMM0F	13.8	11678	MGSTPC3TR1	999
491	SPXAV-3A	345.0	4530	MTCX--0C	12.3	9786	MGUSMR0A	13.8	11679	MGTAGU3TR1	999
492	SPBAN-3A	345.0	4531	GORVN-5A	500.0	9787	MGUSMR0B	13.8	11680	MGTAGU3TR2	999
493	SPBAN-0A	88.0	4532	MTCX--2A	230.0	9788	MGUSMR0C	13.8	11681	MGTMAR2TR3	999
495	SPMFO-3A	345.0	4533	MTCX--1A	138.0	9789	MGUSMR0D	13.8	11682	MGTMAR2TR5	999
496	SPMFO-0A	88.0	4540	BP-RON-2-230	230.0	9790	MGUSMR0E	13.8	11683	MGUSFU3TRG1	999
498	SPDMA-1A	138.0	4541	BP-RON-1-230	230.0	9791	MGUSMR0F	13.8	11684	MTCX--2TR1	999
506	SPJUR-0A	13.8	4542	MTNB--2A	230.0	9792	MGUSMR0G	13.8	11685	MTCX--2TR2	999
532	SPEMG-0A	16.0	4552	MTNM--2A	230.0	9793	MGUSMR0H	13.8	11686	MTCX--2TR3	999
533	SPSAA-0A	16.0	4562	MTSS--2A	230.0	9796	GOUSSM0B	15.0	11687	PBCGD-2TR6	999
535	SPAGV-5A	500.0	4564	MTSS--0A	69.0	9797	GOUSSM0C	15.0	11688	PBCMA-2TR1	999
536	SPAGV-4A	440.0	4568	SOR.ELN-FIC2	1.0	9799	PRIT600B	18.0	11689	PEBNO-2TR1	999
537	SPAGV-1A	138.0	4569	SORR.ELN-FIC	1.0	9800	PRIT600C	18.0	11690	PEBNO-2TR2	999
538	SPILS-4A	440.0	4572	MTLRV-2A	230.0	9801	PRIT600D	18.0	11691	PERCD-2TR5	999
539	SPJUP-4A	440.0	4582	MTSP--2A	230.0	9803	PRIT600F	18.0	11692	PEULG-5TR1	999
541	SPJUP-1A	138.0	4585	SPGSP-4A	440.0	9804	PRIT600G	18.0	11693	PEULG-5TR2	999
542	SPTRI-4A	440.0	4586	MTSP--0C	8.0	9822	PATU--0C	13.8	11694	PEULG-5TR3	999
543	SPTRI-1A	138.0	4592	MTUSMS2A	230.0	9823	PATU--0G	13.8	11695	PRCEL-2TRA	999
544	SPPPR-4A	440.0	4594	MTUHP2A	230.0	9824	PATU--0M	13.8	11696	PRCEL-2TRC	999
545	SPNPP-2A	230.0	4623	MTRP--1A	138.0	9825	PATU--0N	13.8	11697	PRFRA-2TRB	999
546	SPROS-1A	138.0	4633	MTRC--1A	138.0	9828	PATU--0Q	13.8	11698	PRGUA-2TRA	999
547	SPTAQ-4A	440.0	4643	MTJC--1A	138.0	9829	PATU--0R	13.8	11699	PRMGA-2TRA	999
548	SPTAQ-1A	138.0	4802	MTUJAJ1A	138.0	9844	PATU--5G	500.0	11700	PRMGA-2TRB	999
549	SPCPV-4A	440.0	4805	MTUGUA1A	138.0	9857	PIUBE-2A	230.0	11701	PRUHS5TR1	999
550	SPCPV-1A	138.0	4807	MTJAU-1A	138.0	9862	MGPORT0A	13.8	11702	PRUHS5TR2	999
551	SPASS-2A	230.0	4808	MTUJAJ1A	138.0	9863	MGPORT0B	13.8	11703	RJMBG-1TR1	999
552	SPASS-4A	440.0	4810	MTIND11A	138.0	10050	BAUTTP2A	230.0	11704	RJMBG-1TR2	999
554	SPASS-0F	88.0	4862	MTJU--2A	230.0	10052	BAUSD-0A	13.8	11705	RJUTML3TR1	999

Continua...

Tabela A.4 – Listagem de Barras do Sistema-Teste 4 (2220 Barras) - Continuação

N°	Nome Barra	Tensão (kV)	N°	Nome Barra	Tensão (kV)	N°	Nome Barra	Tensão (kV)	N°	Nome Barra	Tensão (kV)
555	SPCNO10A	88.0	4868	MTBN--2A	230.0	10053	BAUSD-0E	13.8	11706	RJUTML3TR10	999
556	SPASS-5A	500.0	5001	BAPAQ-5A	500.0	10054	BAUTC-0A	13.8	11707	RJUTML3TR2	999
557	SPCNO20A	88.0	5003	BAPAF-2A	230.0	10055	BAUTC-0B	13.8	11708	RJUTML3TR3	999
559	SPARA-4A	440.0	5028	BAUAS-2B	230.0	10056	BAUTC-0C	13.8	11709	RJUTML3TR4	999
560	SPARA-1A	138.0	5029	BAUAS-2A	230.0	10057	BAUTC-0D	13.8	11710	RJUTML3TR5	999
561	SPBAU-4A	440.0	5030	BAUAS-0A	13.8	10058	BAUTC-0E	13.8	11711	RJUTML3TR6	999
562	SPBAU-1A	138.0	5034	BAUAS-0C	13.8	10059	BAUTC-2A	230.0	11712	RJUTML3TR7	999
563	SPRPR-4A	440.0	5050	PEULG-5A	500.0	10084	CEUCZ-0A	34.5	11713	RJUTML3TR8	999
564	SPRPR-1A	138.0	5052	PEULG-0B	16.0	10099	CEUFM-0A	34.5	11714	RJUTML3TR9	999
565	SPMOM34A	440.0	5053	PEULG-0C	16.0	10100	CEUTCE0A	230.0	11715	RNACD-2TR4	999
566	SPMOM31A	138.0	5055	PEULG-0E	16.0	10115	ESCST-0A	13.8	11716	RNACD-2TR5	999
567	SPSBO-4A	440.0	5056	PEULG-0F	16.0	10116	ESCST-0B	13.8	11717	SPAGV-4TR1	999
568	SPSBO-1A	138.0	5057	PEULG-0A	16.0	10117	ESCST-0C	13.8	11718	SPAGV-4TR2	999
570	SPSUR-4A	440.0	5060	ALUXG-5A	500.0	10119	ESCST-0E	13.8	11719	SPAGV-4TR3	999
571	SPSUR-1A	138.0	5100	PEAGD-5A	500.0	10122	ESMASC0B	13.8	11720	SPBAN-3TR1	999
574	SPBOJ-4A	440.0	5101	PEAGL-2A	230.0	10124	ESMASC0D	13.8	11721	SPBAN-3TR2	999
575	SPBOJ-1A	138.0	5111	ALRLD-2A	230.0	10125	ESRSL-0A	6.9	11722	SPBAN-3TR3	999
576	SPBOJ-0A	88.0	5121	PETAC-2A	230.0	10126	ESRSL-0C	6.9	11723	SPBOT-1TR3	999
581	SPEMG-4A	440.0	5123	PETAC-0A	69.0	10130	ESSTVT1D	138.0	11724	SPSTCA3TR2	999
582	SPEMG-3A	345.0	5131	PEPRD-2A	230.0	10134	ESUSOL0A	13.8	11725	SPSUR-4TR1	999
583	SPEMG-1A	138.0	5133	PEPRD-0A	69.0	10136	ESUSOL0C	13.8	11726	DFSTSB5BC1	500.0
584	SPCAV-4A	440.0	5140	PERCD-5A	500.0	10138	ESUSOL1A	138.0	11727	DFSTSB5BC2	500.0
590	SPCAV-2A	230.0	5141	PERCD-2A	230.0	10176	GOSTSM1A	138.0	11728	DFSTSB5BC3	500.0
591	SPCAV-1A	138.0	5145	PERCD-0A	13.8	10181	GOUCB40A	13.8	11729	GOSTRV2BBF1	230.0
593	SPSAA-4A	440.0	5147	PERCD-0B	13.8	10182	GOUCB40B	13.8	11731	GOSTRV2BBF2	230.0
594	SPSAA-3A	345.0	5150	PEUTPE2A	230.0	10183	GOUCD-0B	1999	11732	GOSTRV2BIM1	230.0
595	SPSAA-1A	138.0	5152	PEBGI-2A	230.0	10184	GOUCD-0D	13.8	11733	MGUSIM2BC1	230.0
598	SPTAU-5A	500.0	5162	PESCPE2A	230.0	10185	GOUCD-0E	13.8	11734	PIRGV-5BC1	500.0
599	SPTAU-4A	440.0	5181	PEPFE-2A	230.0	10186	GOUCD-0F	13.8	11735	PIRGV-5BC2	500.0
600	SPTAU-2A	230.0	5191	PEMR-2A	230.0	10187	GOUCD-0G	13.8	11736	PTSJI-5BC1	500.0
601	SPTAU-1A	138.0	5201	PEGNN-2A	230.0	10188	GOUCD-0H	13.8	11737	PTSJI-5BC2	500.0
603	SPCBA24A	440.0	5211	PBMRD-2A	230.0	10190	GOUCD-0L	13.8	11738	PTSJI-5BC3	500.0
607	SPCBA22A	230.0	5216	PBCTM-2A	230.0	10191	GOUCD-0M	13.8	11740	PRSTIV7BC1A	765.0
612	SPSAG-2A	230.0	5222	PBCGD-2A	230.0	10195	GOUSSM5B	500.0	11741	PRSTIV7BC1B	765.0
613	SPSAG-0A	88.0	5235	PBCGD-1A	138.0	10196	GOUSSM5C	500.0	11742	PRSTIV7BC2A	765.0
615	SPCHV-2A	230.0	5237	CGD-FIC-1	1.0	10231	MALD--0D	18.3	11743	PRSTIV7BC2B	765.0
616	SPCHV-0A	88.0	5239	PBCGD-0D	26.0	10246	MASL--2A	230.0	11744	PRSTIV7BC3A	765.0
618	SPJUR-2A	230.0	5241	RNNTD-2A	230.0	10248	MGAIMO0A	13.8	11745	PRSTIV7BC3B	765.0
619	SPJUR-1A	138.0	5252	RNSTD-1A	138.0	10249	MGAIMO0B	13.8	11746	PRSTIV7BC4A	765.0
623	SPCBO-2A	230.0	5254	RNPRS-2A	230.0	10250	MGAIMO0C	13.8	11747	PRSTIV7BC4B	765.0
624	SPCBO-1A	138.0	5262	RNCRD-1A	138.0	10251	MGAIMO2A	230.0	11748	PRSTIV7BC5A	765.0
625	SPBOT-2A	230.0	5263	RNCRD-0A	69.0	10252	MGAIMO2B	230.0	11749	PRSTIV7BC5B	765.0
626	SPBOT-1A	138.0	5265	RNCRD-0B	13.8	10253	MGAIMO2C	230.0	11750	PRSTIV7BC6A	765.0
629	SPAVN-2A	230.0	5268	CRD-FIC-1	1.0	10254	MGAMD11A	13.8	11751	PRSTIV7BC6B	765.0
633	SPBAR-1A	138.0	5281	PERIB-2A	230.0	10255	MGAMD11A	13.8	11752	SPSTIA7BC1A	765.0
635	SPBAB-1A	138.0	5291	ALPEN-2A	230.0	10256	MGAMD11A	13.8	11753	SPSTIA7BC1B	765.0
638	SPCAT-1A	138.0	5300	ALMSI-5A	500.0	10257	MGAMD20A	13.8	11754	SPSTIA7BC2A	765.0
639	SPDRA-1A	138.0	5301	ALMSI-2A	230.0	10258	MGAMD20B	13.8	11755	SPSTIA7BC2B	765.0
640	SPFLP-1A	138.0	5311	ALMCO-2A	230.0	10259	MGAMD20C	13.8	11756	SPSTIA7BC3A	765.0
641	SPPJU-2A	230.0	5331	PEJRM-2A	230.0	10264	MGBCO32A	230.0	11757	SPSTIA7BC3B	765.0
645	SPIBI-1A	138.0	5333	PEJRM-0A	69.0	10284	MGFUNIOA	10.0	11758	SPSTIN5BC1A	500.0
647	SPILS-1A	138.0	5401	PEBNO-2A	230.0	10285	MGFUNIOB	10.0	11759	SPSTIN5BC2A	500.0
649	SPJAL-1A	138.0	5402	PEBNO-1A	138.0	10286	MGFUNIOC	10.0	11760	TOSTG5CSE6	500.0
652	SPNAV-1A	138.0	5403	PEBNO-0A	69.0	10288	MGGUILOA	13.8	11761	BAEPC-2DEP12	230.0
659	SPPRP-1A	138.0	5408	CEMLG-5A	500.0	10289	MGGUILOB	13.8	11762	BAEPC-2DEP11	230.0
661	SPPRO-1A	138.0	5410	CEMLG-0A	12.3	10290	MGGUILOC	13.8	11763	BAJGR-2DJGR1	230.0
663	SPPRP-0A	88.0	5411	CEMLG-2A	230.0	10291	MGGUILOD	13.8	11764	BAJGR-2DJGR2	230.0
665	SPSJR-1A	138.0	5421	CEBNB-2A	230.0	10297	MGGVAL0F	13.8	11765	BAOLD-2DOLD1	230.0
673	SPVAL-1A	138.0	5428	CEQXA-5A	500.0	10310	MGRAP0A	13.8	11766	BAOLD-2DOLD2	230.0
674	SPVOT21A	138.0	5431	CERSD-2A	230.0	10311	MGRAP0B	13.8	11767	BAPTU-2DPTU1	230.0
681	SPBRP-1A	138.0	5436	PIRGV-5A	500.0	10312	MGRAP0C	13.8	11768	CEICO-2DICO1	230.0
683	SPCAC-1A	138.0	5441	RNMSD-2A	230.0	10313	MGRAP3A	345.0	11769	ESSBOA1DBOA1	138.0
687	SPEUC-1A	138.0	5449	CEUFM-2A	230.0	10314	MGRAP3B	345.0	11770	ESSPIR1DPIR1	138.0
693	SPLMO-1A	138.0	5450	CEFTZ-0D	26.0	10315	MGRAP3C	345.0	11771	ESSPIR1DPIR2	138.0
694	SPMAI-1A	138.0	5451	CEFZD-5A	500.0	10333	MGJMON2A	230.0	11772	ESSTVB1DTVE1	138.0
696	SPMOM21A	138.0	5452	CEFTZ-2A	230.0	10349	MGMIRA0A	16.5	11773	GOALD-2DALD1	230.0
699	SPPOF-1A	138.0	5458	CEFZD-2A	230.0	10350	MGMIRA0B	16.5	11774	GOPAL-2DPAL1	230.0
701	SPRIC11A	138.0	5461	RNACD-2A	230.0	10351	MGMIRA0C	16.5	11775	GOPLA-2DPLA1	230.0
703	SPSAC-1A	138.0	5462	RNUJSP2A	230.0	10358	MGPCDA0A	13.8	11776	GOPQE-1DPQE1	138.0
705	SPSJB21A	138.0	5463	RNACD-0A	69.0	10359	MGPCDA0B	13.8	11777	GORBO-1DRBO1	138.0
709	SPBER21A	138.0	5468	RNACD-1A	138.0	10387	MGSOBR0A	13.8	11778	GORCL-1DRCL1	138.0
712	SPCAU-1A	138.0	5471	CEDMG-2A	230.0	10388	MGSOBR0B	13.8	11779	MASCC-2DSCC1	230.0
713	SPCAU-0A	88.0	5474	RNSMD-1A	138.0	10389	MGSOBR0C	13.8	11780	MSCGL-1DCGL1	138.0
720	SPJAG-0A	88.0	5475	RNSMD-0A	69.0	10390	MGSTIT3A	345.0	11781	MSLCP-1DLCP1	138.0
721	SPMAI-0A	88.0	5476	RNSMD-0B	13.8	10397	MGTMAR0A	13.8	11782	MSNAN-1DNAN1	138.0
725	SPRIP-1A	138.0	5478	S.MATOS-FIC	1.0	10398	MGTMAR0B	13.8	11783	MTLRV-2DLRV1	230.0
730	SPSSE-1A	138.0	5480	CESBT-5A	500.0	10399	MGTMAR0C	13.8	11784	MTSS--2DSS11	230.0
732	SPBSA-1A	138.0	5481	CESBD-2A	230.0	10400	MGTMAR0D	13.8	11785	PACAR-2DCAR1	230.0
734	SPVIC-1A	138.0	5488	CESBT-2A	230.0	10401	MGTMAR0E	13.8	11786	PATM--2DTM-1	230.0
741	SPITP21A	138.0	5491	PIPRI-2A	230.0	10402	MGTMAR0F	13.8	11787	PESCPE2DSCH1	230.0
746	SPPER-1A	138.0	5492	PIPRI-1A	138.0	10407	MGUBAG0A	10.5	11788	RJABD-0DABD1	69.0
747	SPREG-1A	138.0	5493	PIPRI-0A	69.0	10408	MGUBAG0B	10.5	11789	RJAFC-1DAF11	138.0
748	SPTIE-1A	138.0	5499	PRI-FIC-T1	1.0	10411	MGUBAG2A	230.0	11790	RJAGR-1DAG11	138.0
750	GOUCD-0A	1999	5500	PITSD-5A	500.0	10412	MGUBAG2B	230.0	11791	RJAGR-1DAG22	138.0
752	GOUCD-0C	13.8	5501	PITSA-2A	230.0	10415	MGUHEC0A	13.8	11792	RJALC-1DALC4	138.0
755	GOUCD-1A	138.0	5502	PITSD-2A	230.0	10417	MGUHEC0C	13.8	11793	RJARS-1DAR11	138.0
756	GOUCD-2A	230.0	5509	PITSD-0B	13.8	10420	MGUSCL0A	13.8	11794	RJARS-1DAR22	138.0
760	GOANH-2A	230.0	5510	PIBEA-5A	500.0	10421	MGUSCL0B	13.8	11795	RJAVD-1DAV11	138.0
761	GOANH-1A	138.0	5511	PIBEA-2A	230.0	10422	MGUSCL0C	13.8	11796	RJAVD-1DAV22	138.0
763	GOGOL-2A	230.0	5525	MACH--2A	230.0	10423	MGUSCL0D	13.8	11797	RJBAB-1DBA11	138.0
766	GOKAV-2A	230.0	5527	CEMPD-2A	230.0	10435	MGUSMM0H	13.8	11798	RJBAB-1DBA22	138.0
768	GOKAV-1A	138.0	5528	MASCC-2A	230.0	10436	MGUSMM0I	13.8	11799	RJBAB-1DBA22	138.0
780	GOFIR-1A	138.0	5531	MAPR--2A	230.0	10437	MGUSMM0K	13.8	11800	RJBFI-1DBF11	138.0
782	GOQUI-1A	138.0	5537	CEUCZ-2A	230.0	10449	MSCGI-0A	13.8	11801	RJBFI-1DBF22	138.0

Continua...

Tabela A.4 – Listagem de Barras do Sistema-Teste 4 (2220 Barras) – Continuação

Nº	Nome Barra	Tensão (kV)	Nº	Nome Barra	Tensão (kV)	Nº	Nome Barra	Tensão (kV)	Nº	Nome Barra	Tensão (kV)
783	GORVE-1A	138.0	5541	MAMR--2A	230.0	10450	MSCGI-0B	13.8	19651	RJBML-1DBM11	138.0
785	GOTQR-1A	138.0	5543	MAMR--0E	69.0	10453	MSDOU-1A	138.0	19653	RJBML-1DBM22	138.0
787	GOSTNI2A	230.0	5550	MALD--5A	500.0	10454	MSDOU-1B	138.0	19654	RJCCB-1DBR11	138.0
790	GOPLA-2A	230.0	5551	MALD--2A	230.0	10459	MSIMB-1A	138.0	19656	RJCCB-1DBR22	138.0
791	GOPQE-1A	138.0	5561	MALI--2A	230.0	10461	MSMIM-0B	13.8	19657	RJCCB-1DCC11	138.0
813	PRGRL-2A	230.0	5570	PISJI-5A	500.0	10462	MSUTWA0A	13.8	19660	RJCFR-1DCF11	138.0
814	PRBTA-2A	230.0	5571	PISJI-2A	230.0	10464	MSUTWA0C	13.8	19662	RJCFR-1DCF22	138.0
815	PRCIC-2A	230.0	5580	MAPD--5A	500.0	10484	MTJU--1A	138.0	19663	RJCHR-1DCC11	138.0
816	PRCCO-2A	230.0	5581	MAPD--2A	230.0	10493	MTRP--0A	13.8	19666	RJCHR-1DCC21	138.0
817	PRGFS-2A	230.0	5590	MAIZ--5A	500.0	10502	MTUGUA0B	13.8	19667	RJCIP-1DCI11	138.0
818	PRDJP-2A	230.0	5591	MAIZ--2A	230.0	10503	MTUGUA0C	13.8	19668	RJCLG-1DCL11	138.0
819	PRPIL-2A	230.0	5601	MAPF--2A	230.0	10504	MTUHP0A	13.8	19669	RJCLG-1DCL22	138.0
820	PRUBR-2A	230.0	5611	CETAD-2A	230.0	10505	MTUHP0B	13.8	19671	RJCMR-1DCM11	138.0
822	PRUMB-2A	230.0	5613	CETAD-0A	69.0	10506	MTUHP0C	13.8	19672	RJCMR-1DCM22	138.0
823	PRARE-1A	138.0	5621	PBCMA-2A	230.0	10507	MTUIQ10A	13.8	19673	RJCMS-1DCO11	138.0
824	PRGBM-5A	500.0	5623	PBCMA-0A	69.0	10509	MTUIQ20A	13.8	19674	RJCRD-1DCR11	138.0
827	PRJGI-2A	230.0	5631	CEICO-2A	230.0	10510	MTUIQ20B	13.8	19675	RJCRD-1DCR22	138.0
829	PRPGN-2A	230.0	5641	CEPCD-2A	230.0	10511	MTUIQ22A	230.0	19678	RJCRD-1DCR22	138.0
831	PRPGS-2A	230.0	5651	CECPE-2A	230.0	10512	MTUIQ22B	230.0	19681	RJCSO-1DCS22	138.0
834	PRSMS-2A	230.0	5652	CEUTFO2A	230.0	10514	MTUJA00B	13.8	19683	RJCTR-1DCT11	138.0
839	PRCEL-2A	230.0	5660	CEUTCE0A	13.8	10515	MTUJA00C	13.8	19684	RJCUR-1DCU11	138.0
840	PRCEL-1A	138.0	5661	CEUTCE0A	13.8	10520	MTUSMS0B	13.8	19685	RJCUR-1DCU22	138.0
843	FigacUN-230	230.0	5662	CEUTCE0A	13.8	10521	MTUSMS0C	13.8	19686	RJCXS-1DCX11	138.0
846	PRGUA-2A	230.0	5663	CEUTCE0A	13.8	10522	MTUSMS0D	13.8	19687	RJCXS-1DCX22	138.0
847	PRGUA-1A	138.0	5667	FIC UCQM12	1.0	10523	PACAR-2A	230.0	19689	RJDCT-1DDC11	138.0
852	PRPTO-2A	230.0	5668	FIC UCQM34	1.0	10537	PATU--00	13.8	19691	RJDCT-1DDC22	138.0
853	PRPTO-1A	138.0	5671	PIPIC-2A	230.0	10538	PATU--0U	13.8	19699	RJDMC-1DDM11	138.0
856	PRSGD-5A	500.0	5681	PIELM-2A	230.0	10539	PATU--0V	13.8	19700	RJDMC-1DDM22	138.0
859	PRAPR-1A	138.0	5701	BACCD-2A	230.0	10540	PATU--0W	13.8	19701	RJDUP-1DDU11	138.0
860	PRCMO-1A	138.0	5711	SEITB-2A	230.0	10541	PATU--0X	13.8	19704	RJDUP-1DDU22	138.0
862	PRCDG-1A	138.0	5720	SEJDM-5A	500.0	10542	PATU--0Y	13.8	19705	RJELD-1DEL11	138.0
865	PRLDA-1A	138.0	5721	SEJDM-2A	230.0	10543	PATU--0Z	13.8	19706	RJELD-1DEL22	138.0
868	PRMGA-2A	230.0	5730	BAOLD-2A	230.0	10544	PATU--5I	500.0	19708	RJESP-1DES11	138.0
869	PRMGA-1A	138.0	5740	BAOLD-5A	500.0	10545	PATU--5J	500.0	19709	RJESP-1DES22	138.0
870	PRPVI-1A	138.0	5750	BACMD-5A	500.0	10546	PATU--5K	500.0	19710	RJFIC-1DFI11	138.0
872	PRSDI-2A	230.0	5751	BACMD-2A	230.0	10549	PBCGD-0A	69.0	19712	RJFIC-1DFI22	138.0
876	PRADA-0A	88.0	5755	BAFRD-2A	230.0	10550	PBCGD-0B	13.8	19713	RJFJB-1DFJ11	138.0
877	PRADA-1A	138.0	5761	BAPLO-2A	230.0	10562	PEAGL-0A	69.0	19714	RJFJB-1DFJ22	138.0
878	PRAPA-2A	230.0	5782	BACTU-2A	230.0	10585	PEUTCB	69.0	19717	RJFTL-1DFT11	138.0
879	PRAPA-1A	138.0	5786	BACTU-0A	69.0	10606	PIUBE-0A	13.8	19718	RJFTL-1DFT22	138.0
884	PRFRA-2A	230.0	5788	CTU-FIC-T1	1.0	10607	PIUBE-0B	13.8	19719	RJGDL-1DGD11	138.0
886	PRIBP-2A	230.0	5789	CTU-FIC-T2	1.0	10608	PIUBE-0C	13.8	19720	RJGDL-1DGD22	138.0
887	PRIBP-1A	138.0	5802	BACTG-2A	230.0	10609	PIUBE-0D	13.8	19721	RJGXD-1DGX11	138.0
889	PRLNA-2A	230.0	5803	BACTG-0A	69.0	10618	PRARC-0A	18.0	19722	RJGXD-1DGX21	138.0
890	PRLNA-1A	138.0	5821	BAUTCFA	230.0	10619	PRARC-0B	18.0	19723	RJING-1DIN11	138.0
895	PRBTA-5A	500.0	5822	BAJCR-2A	230.0	10621	PRARC-2A	230.0	19724	RJING-1DIN21	138.0
896	PRCVO-5A	500.0	5827	BAUTCFA	21.0	10622	PRARC-2B	230.0	19725	RJJAB-1DJA11	138.0
897	PRSCX-5A	500.0	5842	BAPTU-2A	230.0	10657	PRFRA-0B	13.8	19726	RJJAB-1DJA22	138.0
898	PRFOC-2A	230.0	5852	BAMTT-2A	230.0	10659	PRGNB-5A	500.0	19727	RJLIN-1DLI11	138.0
915	SCUHMA0A	16.0	5871	BATMB-2A	230.0	10660	PRGNB-5B	500.0	19731	RJLIN-1DLI22	138.0
930	RSAL-1A	138.0	5881	BAGVM-2A	230.0	10661	PRGNB-5C	500.0	19732	RJLPD-1DLP11	138.0
931	RSUHM00A	13.8	5891	BASTJ-2A	230.0	10662	PRGNB-5D	500.0	19734	RJLPD-1DLP22	138.0
932	RSUHM01A	138.0	5893	BASTJ-0A	69.0	10670	PRIT600J	18.0	19736	RJMCL-1DMC11	138.0
933	PRARE-5A	500.0	5902	BAFNL-2A	230.0	10697	PRREP-2A	230.0	19738	RJMCL-1DMC22	138.0
934	PRARE-2A	230.0	5905	BAFNL-0D	13.5	10700	PRSCX-0A	16.0	19739	RJMDU-1DMD-1	138.0
936	SCBGR-2A	230.0	5912	BAIGB-2A	230.0	10713	PRSTIV5B	500.0	19740	RJMDU-1DMD22	138.0
938	SCBLU-5A	500.0	5941	BABDD-2A	230.0	10714	PRSTIV5C	500.0	19741	RJMNB-1DMN11	138.0
939	SCBLU-2A	230.0	5961	SEITH-2A	230.0	10723	PYIT500A	18.0	19749	RJMNB-1DMN22	138.0
940	SCBLU-1A	138.0	5970	BAITI-2A	230.0	10724	PYIT500B	18.0	19751	RJMRT-1DMR11	138.0
943	SCCAN-2A	230.0	5972	BAENP-2A	230.0	10725	PYIT500C	18.0	19752	RJMRT-1DMR22	138.0
945	SCDRO-2A	230.0	6202	BAUSD-1A	138.0	10726	PYIT500D	18.0	19754	RJMTC-1DMT11	138.0
946	SCBIG-5A	500.0	6296	BAUSB-0C	13.8	10727	PYIT500E	18.0	19755	RJMTC-1DMT22	138.0
947	SCBIG-2A	230.0	6297	BAUSB-0D	13.8	10728	PYIT500F	18.0	19760	RJNIG-1DNI11	138.0
949	SCRSU-2A	230.0	6298	BAUSB-0E	13.8	10729	PYIT500G	18.0	19765	RJNIG-1DNI22	138.0
950	SCLAG-2A	230.0	6300	BAUSB-5A	500.0	10730	PYIT500H	18.0	19771	RJOLR-1DOL11	138.0
951	RSUTCH2A	230.0	6301	BAUSB-2A	230.0	10731	PYIT500I	18.0	19773	RJOLR-1DOL22	138.0
953	SCUHCN2A	230.0	6311	BAJZD-2A	230.0	10732	PYIT500J	18.0	19775	RJOWI-1DOW11	138.0
954	PRCMO-2A	230.0	6321	BAJGR-2A	230.0	10737	PYSEMD2A	220.0	19776	RJOWI-1DOW22	138.0
955	SCCNO-5A	500.0	6331	BASNB-2A	230.0	10744	RJCTR-1A	138.0	19777	RJPAN-1DPA11	138.0
956	SCCNO-2A	230.0	6341	BAIRE-2A	230.0	10745	RJFTN-0B	6.6	19787	RJPAN-1DPA11	138.0
958	SCCNO-1A	138.0	6342	BAIRE-1A	138.0	10746	RJFTN-0C	6.6	19788	RJPBR-1DPB11	138.0
959	PRCBA-5A	500.0	6348	BABJD-0C	18.0	10747	RJFTN-0D	6.6	19790	RJPBR-1DPB22	138.0
960	PRCBA-2A	230.0	6349	BABJD-5A	500.0	10757	RJNLP-0A	6.6	19791	RJPMG-1DPM11	138.0
962	RSFAR-2A	230.0	6351	BABJS-2A	230.0	10758	RJNLP-0B	6.6	19792	RJPMG-1DPM22	138.0
963	RSMCL-2A	230.0	6355	BABJS-0B	13.8	10759	RJNLP-0C	13.8	19794	RJPVN-1DPV11	138.0
964	RSCAX-5A	500.0	6359	BAICA-5A	500.0	10760	RJNLP-0D	13.8	19796	RJPVN-1DPV22	138.0
965	RSCAX-2A	230.0	6361	BABRA-2A	230.0	10761	RJNLP-0E	13.8	19797	RJQMD-1DQM11	138.0
967	SCFLO-1A	138.0	6363	BABRA-0A	69.0	10762	RJNLP-0F	13.8	19798	RJRCF-1DRC11	138.0
972	RSGBI15B	500.0	6365	BABRA-1A	138.0	10764	RJPPS-0A	11.5	19799	RJRCF-1DRC22	138.0
976	RSGRA-5A	500.0	6368	BASPU-2A	230.0	10765	RJPPS-0C	11.5	19800	RJREF-1DRF11	138.0
979	NSRita---525	500.0	6369	BASPU-5A	500.0	10766	RJSCI-0B	6.6	19801	RJREF-1DRF22	138.0
980	NSRita---230	230.0	6400	PAMB--5A	500.0	10767	RJSCI-0C	6.6	19802	RJROS-1DRO11	138.0
985	SCITA-1A	138.0	6401	PAMB--2A	230.0	10768	RJSCI-0D	6.6	19803	RJROS-1DRO22	138.0
991	SCITJ-2A	230.0	6405	PAMB--0B	13.8	10769	RJSCI-0E	6.6	19804	RJRSO-1DRS11	138.0
992	SCITJ-1A	138.0	6407	PACJ--2A	230.0	10784	RJUSAN5A	500.0	19805	RJRSO-1DRS22	138.0
995	SCYTA-5A	500.0	6410	PATU--5A	500.0	10785	RJUSAN5B	500.0	19806	RJRTD-1DRT11	138.0
996	SCUHT5A	500.0	6413	PATC--0A	69.0	10803	RJUTGB0C	18.0	19807	RJRTD-1DRT22	138.0
997	SCIFA-1A	138.0	6416	PATC--2A	230.0	10804	RJUTGB0D	13.8	19808	RJSBM-1DSB11	138.0
999	PRIVP-5A	500.0	6419	PATU--0T	13.8	10805	RJUTGB0E	13.8	19809	RJSBM-1DSB22	138.0
1006	SCJLA-2A	230.0	6430	PATC--5A	500.0	10806	RJUTGB0F	13.8	19810	RJSCO-1DSC11	138.0
1007	SCJLA-1A	138.0	6440	PAIN--5A	500.0	10807	RJUTGB0G	13.8	19811	RJSCO-1DSC22	138.0
1010	SCJLB-2A	230.0	6441	PAIN--2A	230.0	10808	RJUTGB0H	13.8	19813	RJSFC-1DSP11	138.0
1011	SCUTLC2A	230.0	6444	BARDE-5A	500.0	10809	RJUTGB0I	13.8	19815	RJSFC-1DSP22	138.0
1015	SCJOI-2A	230.0	6460	PAVC--5A	500.0	10810	RJUTML0A	13.8	19816	RJSRD-1DSR11	138.0

Continua...

Tabela A.4 – Listagem de Barras do Sistema-Teste 4 (2220 Barras) - Continuação

N°	Nome Barra	Tensão (kV)	N°	Nome Barra	Tensão (kV)	N°	Nome Barra	Tensão (kV)	N°	Nome Barra	Tensão (kV)
1016	SCJOI-1A	138.0	6461	PAVC--2A	230.0	10811	RJUTMLOB	13.8	19817	RJSRD-1DSR22	138.0
1027	PRLON-5A	500.0	6471	PAGM--2A	230.0	10812	RJUTMLOC	13.8	19818	RJSRP-1DSR11	138.0
1028	PRLON-2A	230.0	6472	PAGM--0A	69.0	10813	RJUTMLOD	13.8	19819	RJSRP-1DSR22	138.0
1030	SCMCH-5A	500.0	6481	PAUG--2A	230.0	10814	RJUTMLOE	13.8	19821	RJSTC-1DST11	138.0
1034	SCPAL-2A	230.0	6482	PAUG--0A	69.0	10815	RJUTMLOF	13.8	19822	RJSTC-1DST22	138.0
1035	SCPAL-1A	138.0	6491	PASR--2A	230.0	10816	RJUTMLOG	13.8	19823	RJTEN-1DTE11	138.0
1041	RSPFU-2A	230.0	6507	MB-C4-BCS500	500.0	10817	RJUTMLOH	13.8	19824	RJTEN-1DTE22	138.0
1042	RSPFU-1A	138.0	6509	MB-C3-CSF500	500.0	10818	RJUTMLOI	13.8	19825	RJTHY-1DTH22	138.0
1045	RSSTA-5A	500.0	6510	MB-C1-BCS500	500.0	10819	RJUTMLOJ	13.8	19826	RJTQR-1DTA11	138.0
1046	RSSTA-2A	230.0	6511	MB-C2-BCS500	500.0	10820	RJUTMLOK	13.8	19827	RJTQR-1DTA22	138.0
1047	PRSOS-2A	230.0	6512	PD-C1-COMP.S	500.0	10821	RJUTMLOL	13.8	19828	RJTRS-1DTR22	138.0
1048	PRSOS-0A	69.0	6513	IZ-C1-BCS500	500.0	10822	RJUTMLOM	13.8	19829	RJTUR-1DTU11	138.0
1057	SCSID-2A	230.0	6514	PD-C2-BCS500	500.0	10823	RJUTMLON	13.8	19830	RJTUR-1DTU22	138.0
1060	PRSSA-5A	500.0	6515	IZ-C2-BCS500	500.0	10824	RJUTMLOO	13.8	19831	RJVCN-1DVC11	138.0
1067	RSCUR-2A	230.0	6517	PD-ACACSF500	500.0	10825	RJUTMLOP	13.8	19832	RJVCN-1DVC22	138.0
1069	SCXAN-2A	230.0	6521	PAAT--2A	230.0	10826	RJUTMLOQ	13.8	19833	RJVDP-1DVD11	138.0
1074	SCVID-2A	230.0	6531	PATM--2A	230.0	10827	RJUTMLOR	13.8	19834	RJVDP-1DVD22	138.0
1078	MSANA-2A	230.0	6541	PARU--2A	230.0	10828	RJUTMLOS	13.8	19835	RJVGE-1DVG11	138.0
1079	MSANA-1A	138.0	6700	MAAC--5A	500.0	10829	RJUTMLOT	13.8	19836	RJVGE-1DVG22	138.0
1082	MSCGR-1A	138.0	6701	AC-MB-BCS500	500.0	10830	RJUTNF0A	15.0	19837	RJVIG-1DVG11	138.0
1086	MSDOU-2A	230.0	6702	ACA-PDCSF500	500.0	10831	RJUTNF0B	15.0	19840	RJVIG-1DVG22	138.0
1093	MSIVI-1A	138.0	6703	ACA-MBCSF500	500.0	10832	RJUTNF0C	15.0	19841	RJVTL-1DVT22	138.0
1101	PYIT505A	500.0	6800	ROVN--2A	230.0	10834	RJVIG-0B	6.6	19842	RJWLS-1DWL11	138.0
1103	PYSEMD5A	500.0	6801	ROVN--0A	69.0	10835	RJVIG-0C	6.6	19843	RJWLS-1DWL22	138.0
1106	PRIT605A	500.0	6840	JIPARAN--230	230.0	10836	RJVIG-0D	6.6	19844	ROJR--2DJR-1	230.0
1130	MSCGA-1A	138.0	6870	JARU-1---230	230.0	10837	RJVIG-0E	6.6	19845	RSCNA12DCNA1	230.0
1131	MSAQU-1A	138.0	6871	JARU-----069	69.0	10838	RJVIN-0A	69.0	19848	RSELD-2DELD1	230.0
1132	MSCGS-1A	138.0	6880	ARIQUEM1-230	230.0	10854	RNUJSP0A	18.0	19849	RSGUA22DGAU1	230.0
1134	MSCGM-1A	138.0	6890	ROSM--2A	230.0	10885	ROSU--0A	13.8	19850	RSSVI-2DSV11	230.0
1135	MSACL-1A	138.0	6900	ROPV--2A	230.0	10886	ROSU--0B	13.8	19852	SCCBE-1DCB11	138.0
1138	MSAIA-1A	138.0	6901	ROPV--0A	69.0	10887	ROSU--0C	13.8	19854	SCCBE-1DCBE1	138.0
1140	MSDOD-1A	138.0	6904	ROPV--2TF3	1.0	10888	ROSU--0D	13.8	19855	SPAVUA2DAVU1	230.0
1142	MSDOS-1A	138.0	6930	ROAN--2A	230.0	10890	ROSU--2A	230.0	19856	SPCAR-1DCAR1	138.0
1144	MSMIM-1A	138.0	6950	ACRB--2A	230.0	10891	ROSU--2B	230.0	19857	SPCAR-1DCAR2	138.0
1145	MSMAR-1A	138.0	7100	TOSTGU5A	500.0	10892	ROSU--2C	230.0	19858	SPEMB-0DEMB1	88.0
1150	SCUHBG0A	16.0	7101	GUR-SMA 500	500.0	10893	ROSU--2D	230.0	19859	SPEMB-0DEMB2	88.0
1153	RSUHQJ2A	230.0	7102	GUR-MIR500	500.0	10934	RSCHA-2A	230.0	19862	SPJUP-1DJUP1	138.0
1154	RSUHC2A	230.0	7103	GUR-SMA2-500	500.0	11024	RSPME-2A	230.0	19864	SPJUP-1DJUP2	138.0
1155	RSUITA0B	13.8	7104	GUR-MIR2-500	500.0	11053	RSUHC0A	13.8	19868	SPPRP51DPP51	138.0
1156	RSUITA0C	13.8	7105	GUR-MIR3-500	500.0	11056	RSUHMCOA	13.8	19870	SPPRP51DPP52	138.0
1161	RSUHMCOA	230.0	7111	TOUHPA1A	138.0	11057	RSUHMCOB	13.8	19871	SPQMG12DMG11	230.0
1162	RSUJAC0B	13.8	7112	TOUHPA5A	500.0	11058	RSUHMCOB	13.8	19874	SPQMG12DMG21	230.0
1163	RSUGR-2A	230.0	7113	TOPX--5A	500.0	11059	RSUHQJ0A	13.8	19879	SPSAC-1DSAC1	138.0
1170	RSUPME0A	13.8	7200	TOMC--5A	500.0	11064	RSUPME2E	230.0	19882	SPSAG-2DSAG1	230.0
1175	RSUPRE0A	13.8	7203	MIR-GUR2-500	500.0	11082	RSUTST2C	18.0	19886	BAOLD-2A-F01	230.0
1180	RSPAL90C	13.8	7204	TOLAJ-5A	500.0	11085	RSUTST2A	230.0	19891	BAJGR-2A-F02	230.0
1181	RSVAI-0B	13.8	7207	TOLAJ-2A	230.0	11125	SCJNO-2A	230.0	19893	FEUTC0B-F00	13.8
1182	RSAL-0A	69.0	7209	MIR-GUR3-500	500.0	11143	SCUHBG0B	16.0	19894	CEUTF00B-F00	13.8
1185	RSAL20A	69.0	7236	SMA-GUR500	500.0	11144	SCUHBG0C	16.0	19895	CEUTF00A-F00	13.8
1186	RSAL22A	230.0	7237	SMA-GUR2-500	500.0	11145	SCUHBG2A	230.0	19896	BAUSB-0F-F00	13.8
1188	RSBAG22A	230.0	7238	SM2-PEI--500	500.0	11146	SCUHBG2B	230.0	19898	PEADE-2A-F00	230.0
1190	RSCNA12A	230.0	7300	TOCO--5A	500.0	11147	SCUHBG2C	230.0	19899	BAUCM-2A-F00	230.0
1192	RSCAX52A	230.0	7301	COL-MIR500	500.0	11148	SCUHCN0A	13.8	19900	RJSTAD0B-F02	13.8
1194	RSCAM-2A	230.0	7302	COL-IP2500	500.0	11149	SCUHCN0B	13.8	19902	MSLCP-0D-F02	138.0
1198	RSCBO-2A	230.0	7303	COL-MIR2-500	500.0	11150	SCUHCN0C	13.8	19910	RJSTAD0B-F01	13.8
1199	RSUA22A	230.0	7304	COL-IP22-500	500.0	11151	SCUHMA0C	16.0	19911	MSLCP-0D-F01	138.0
1200	RSCAX22A	230.0	7305	TOCO--5BC5	500.0	11152	SCUHMA5A	500.0	19914	SPBSA-0A-F01	88.0
1204	RSPPE-2A	230.0	7306	ITC-COL--500	500.0	11153	SCUHSPOB	13.8	19916	MGUHEC0B-F00	13.8
1206	RSGAR12A	230.0	7591	IPZ-COL1500	500.0	11154	SCUQX0A	13.8	19921	ESSTVT0E-F00	13.8
1210	RSRA22A	230.0	7592	IPZ-COL2500	500.0	11155	SCUQX0B	13.8	19922	MGUFOR0C-F00	13.8
1212	RSELD-2A	230.0	7593	IPZ-COL2-500	500.0	11156	SCUQX0C	13.8	19923	RJSCO-1A-F01	138.0
1213	RSGR-2A	230.0	7594	IPZ-COL2-500	500.0	11168	SCXAN-1B	138.0	19925	SPSCA-0A-F02	88.0
1215	RSUITA2A	230.0	9000	SCUHMA5C	500.0	11169	SCXAN-1C	138.0	19927	MGUFOR0A-F00	13.8
1216	RSUJAC1A	138.0	9001	SCUHMA5B	500.0	11170	SCXAN-1D	138.0	19932	SPSCA-0A-F01	88.0
1218	RSLAJ22A	230.0	9002	BAUSD-2B	230.0	11177	SEJDM-0A	69.0	19933	RJBAR-1A-F01	138.0
1223	RSUDFR2A	230.0	9006	MGBCOC2A	230.0	11197	SPBAB-0A	13.8	19935	RSUPME2C-F00	230.0
1225	RSMBR-2A	230.0	9007	SCUHMA0B	16.0	11198	SPBAB-0B	13.8	19940	SPPIR-0A-F01	88.0
1228	RSNPR22A	230.0	9011	TOLAJ-0A	13.8	11199	SPBAB-0C	13.8	19943	RSGBI25B-F00	500.0
1230	RSLIV22A	230.0	9012	TOLAJ-0B	13.8	11200	SPBAB-0D	13.8	19947	MSIMB-1A-F01	138.0
1231	RSOS022A	230.0	9013	TOLAJ-0C	13.8	11203	SPBAR-0A	13.8	19948	SPPRP51A-F01	138.0
1232	RSOS020A	69.0	9014	TOLAJ-0D	13.8	11204	SPBAR-0B	13.8	19949	RJPMG-1A-F01	138.0
1236	RSPAL32A	230.0	9015	TOLAJ-0E	13.8	11216	SPCAC-0A	13.8	19950	RJJAB-1A-F01	138.0
1239	RSUPME2A	230.0	9017	BABJD-2A	230.0	11217	SPCAC-0B	13.8	19952	RJESP-1A-F01	138.0
1242	RSUPRE1A	138.0	9018	BAUITP0A	13.8	11232	SPCNO10B	6.9	19957	RJCRO-1A-F01	138.0
1243	RSUPRE2A	230.0	9019	BAUITP0B	13.8	11233	SPCNO10C	6.9	19967	RJCMR-1A-F01	138.0
1244	RSOS021A	138.0	9022	GOUHCB0C	13.8	11234	SPCNO10D	6.9	19971	RJCCB-1A-F01	138.0
1246	RSQUI-2A	230.0	9023	GOUHCB0B	13.8	11235	SPCNO20B	6.9	19973	RJAFR-1A-F01	138.0
1248	RSCNA22A	230.0	9028	PATU--0S	13.8	11236	SPCNO20C	6.9	19974	MGBAR0B-F00	13.8
1249	RSTAQ-2A	230.0	9029	PATU--5H	500.0	11240	SPECTR-0A	88.0	19975	ESSTVE1A-F01	138.0
1250	RSSAG22A	230.0	9031	RJILH-0C	6.6	11248	SPEUC-0A	13.8	19977	MGNEVE0B-F00	13.8
1254	RSSB022A	230.0	9032	RJILH-0B	6.6	11249	SPEUC-0B	13.8	19978	SPMAI-0A-F01	88.0
1256	RSSCR12A	230.0	9033	RJILH-0D	6.6	11250	SPEUC-0C	13.8	19980	SPAPA-0A-F02	88.0
1258	RSCIN-2A	230.0	9034	RJILH-0E	6.6	11251	SPEUC-0D	13.8	19985	SPILS-1A-F01	138.0
1259	RSPAL42A	230.0	9035	RJUTMLOT	345.0	11277	SPIBI-0A	13.8	19986	SPHBE-2A-F00	230.0
1263	RSPAL62A	230.0	9038	PEAGD-2A	230.0	11278	SPIBI-0B	13.8	19987	SPHBE-00-F00	1999
1264	RSPAL82A	230.0	9039	SPPJU-0B	10.0	11279	SPIBI-0C	13.8	19988	SPCNO20D-F00	6.9

ADJACENCIA NODAL

Nas Tabelas A.5 e A.6 são apresentadas as barras adjacentes de nós com alto grau de radialidade, os quais formam parte da rede elétrica dos Sistemas-Teste 4 e 8.

É conveniente ressaltar que os Sistemas-Teste mencionados representam o Sistema Elétrico Brasileiro para fins de estudos em Fluxo de Potência; apresentando-se assim, a importância da barra com código numérico 538 no Sistema-Teste 4 e a barra com código numérico 178 no Sistema-Teste 8 (mencionados no Capítulo IV).

Tabela A.5 – Barras Adjacentes da Barra 538 do Sistema-Teste 4

Nº	Nome	Nº Conexões ¹	Tensão (kV)	Área
536	SPAGV-4A	1	440	CTEEP
542	SPILS-4A	1	440	CTEEP
559	SPARA-4A	2	440	CTEEP
561	SPBAU-4A	2	440	CTEEP
9664	SPILS-0A	1	14.4	CESP
9665	SPILS-0B	1	14.4	CESP
9666	SPILS-0C	1	14.4	CESP
9667	SPILS-0D	1	14.4	CESP
9668	SPILS-0E	1	14.4	CESP
9669	SPILS-0F	1	14.4	CESP
9670	SPILS-0G	1	14.4	CESP
9671	SPILS-0H	1	14.4	CESP
9672	SPILS-0I	1	14.4	CESP
9673	SPILS-0J	1	14.4	CESP
9674	SPILS-0K	1	14.4	CESP
9675	SPILS-0L	1	14.4	CESP
9676	SPILS-0M	1	14.4	CESP
9677	SPILS-0N	1	14.4	CESP
9678	SPILS-0O	1	14.4	CESP
9679	SPILS-0P	1	14.4	CESP
9680	SPILS-0Q	1	14.4	CESP
9681	SPILS-0R	1	14.4	CESP
9683	SPILS-0T	1	14.4	CESP

¹São consideradas somente as conexões à barra 538.

Tabela A.6 – Barras Adjacentes da Barra 178 do Sistema-Teste 8

Nº	Nome	Nº Conexões ¹	Tensão (kV)	Área
98	JACARE-2-138	1	138	FURNAS
107	GRAJAU---500	2	500	FURNAS
110	GR1-T52—FIC	1	999	FURNAS
179	GR2-T54--FIC	1	999	FURNAS
283	TERM.SUL-138	4	138	LIGHT
1642	PIEIDADE--138	1	138	LIGHT
1643	B.MATO---138	1	138	LIGHT
1649	LEOPOLDO-138	1	138	LIGHT
1650	R.COMPRI-138	1	138	LIGHT
1651	J.BOTA-A-138	1	138	LIGHT
1652	J.BOTA-B-138	1	138	LIGHT
1655	ACAMPISTA138	1	138	LIGHT
1670	MANGUEIRA138	1	138	LIGHT
3958	CASCADURA138	3	138	LIGHT

¹São consideradas somente as conexões à barra 178.

SUMÁRIO

Neste apêndice foram apresentadas informações relevantes referentes aos Sistemas-Teste, mostrando detalhamentos que permitam ao leitor conferir alguns resultados mencionados anteriormente.

* * *

MANUAL DO USUÁRIO

O Programa de Análise de Topologia - ANATOPO é um aplicativo computacional resultante dos esforços da UFF – Universidade Federal Fluminense e CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica no sentido de tornar disponível às empresas e usuários do setor novas técnicas, algoritmos e métodos eficientes, adequados à realização de estudos na área de planejamento de sistemas elétricos de potência (especificamente nos estudos de fluxos de potência, curto circuito e confiabilidade) . A versão 1.0 deste integra os seguintes módulos:

- Módulo de Identificação, Estatística e Diagnose
- Módulo de Ordenação
- Módulo de Renumeração Simples
- Módulo Comparador
- Módulo de Renumeração Dupla
- Módulo de Manipulação de Áreas
- Módulo de Relacionamento e Renomeação Nodal

Esta versão do programa encontra-se disponível para microcomputadores do tipo PC, com sistema operacional Windows 2000 ou superior.

Embora tenham sido testados durante a fase de desenvolvimento, os programas ainda podem ser susceptíveis a falhas, as quais solicitam-se que sejam comunicadas diretamente ao desenvolvedor responsável pela atualização dos mesmos, através do endereço eletrônico dastoc@gmail.com.

REQUISITOS E INSTALAÇÃO

O aplicativo computacional *Antatopo (versão 1.0)* requer de alguns programas para o correto funcionamento do mesmo. Na versão completa do aplicativo esses programas encontram-se inclusos.

- a. Framework .NET (versão 3.5)
- b. Windows Installer (versão 3.0)

Cabe ressaltar que os programas mencionados estão disponíveis para usuários que contam com o sistema operacional Windows (versão 2000 ou superior).

CONFIGURAÇÃO DO COMPUTADOR

Para utilizar o programa *Anatopo (versão 1.0)* é necessário que o monitor esteja configurado para 800 x 600 pixels ou maior e fontes pequenas.

Caso esteja utilizando o sistema operacional Windows 2000, para alterar a resolução da tela (recomendável), clique no menu Iniciar do Windows, selecione Configurações>Painel de Controle>Vídeo. Clique na guia Configurações e selecione a área de trabalho para 800 por 600 pixels ou superiores para fontes pequenas.

Para outros sistemas operacionais ou gerenciadores de janela, consulte o respectivo manual do usuário do próprio.



INSTALAÇÃO DO ANATOPO (VERSÃO 1.0)

1. Fazer duplo clique no Ícone de Instalação .EXE
2. Seleção do idioma: O aplicativo conta atualmente com 3 idiomas (Inglês, Espanhol e Português).

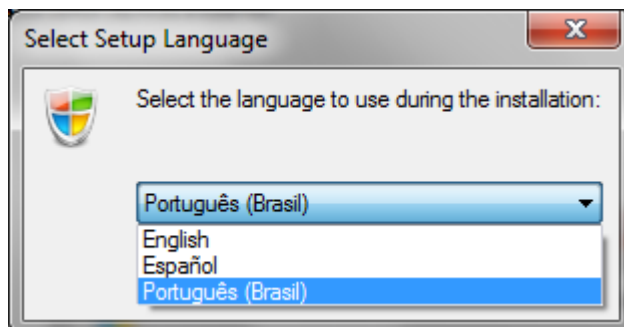


Figura B.1 – Seleção de Idioma para Instalação

3. Em seguida, aparecerá uma mensagem de Boas-vindas. Clique em avançar.

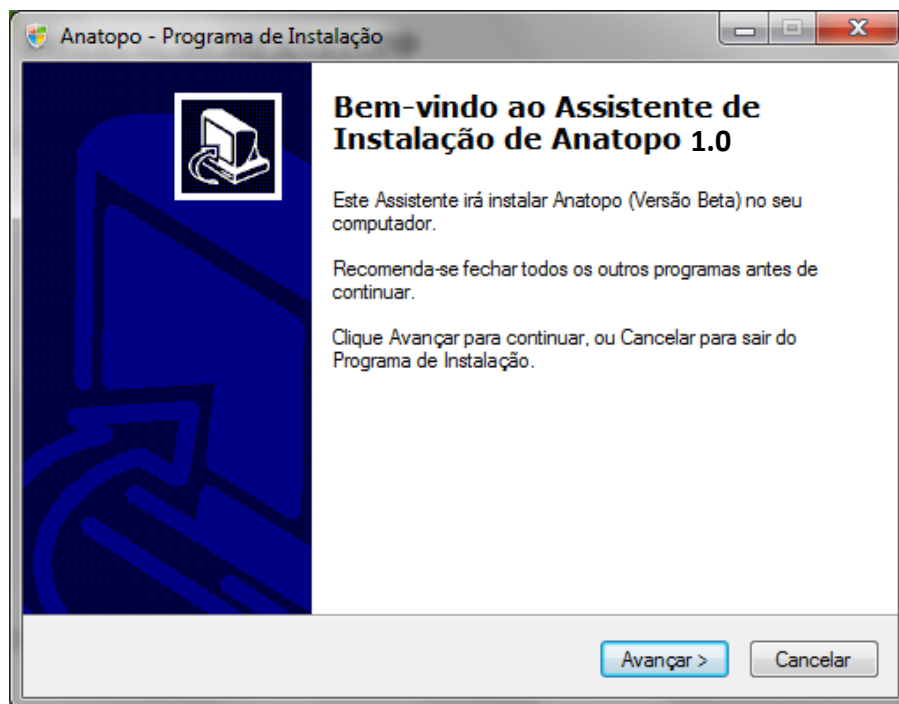
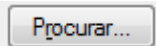


Figura B.2 – Janela de Boas-vindas

4. Em seguida, o instalador propõe uma pasta onde o programa será instalado. O usuário poderá definir a pasta arbitrariamente por meio do botão .

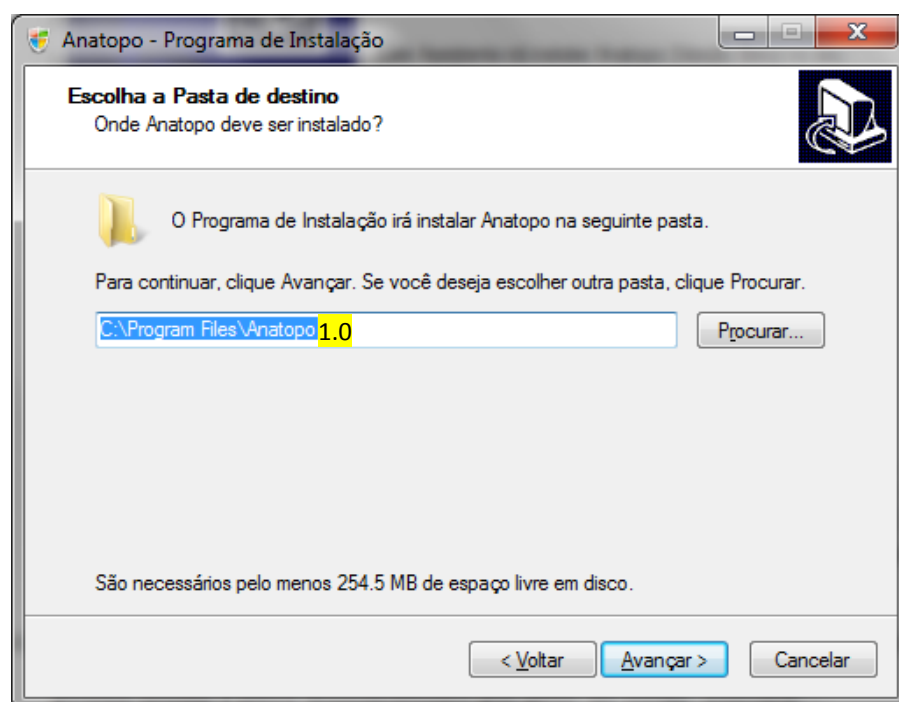


Figura B.3 – Seleção do Endereço de Instalação

5. Em seguida, o usuário poderá definir a pasta onde ele deseja instalar os atalhos do *Anatopo (versão 1.0)*.

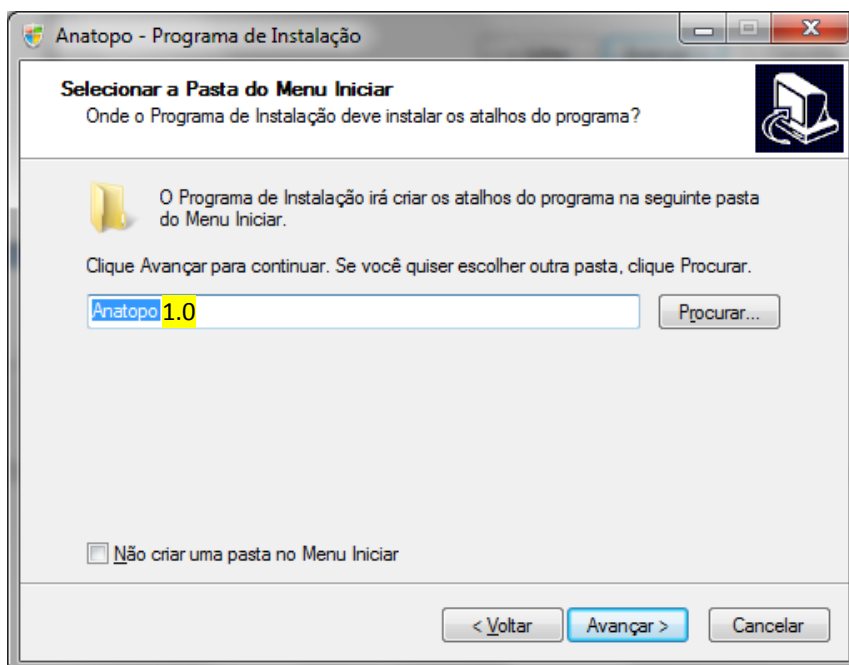


Figura B.4 – Criação de Atalhos

6. Em seguida, o usuário poderá escolher onde vão se localizar os ícones do programa.

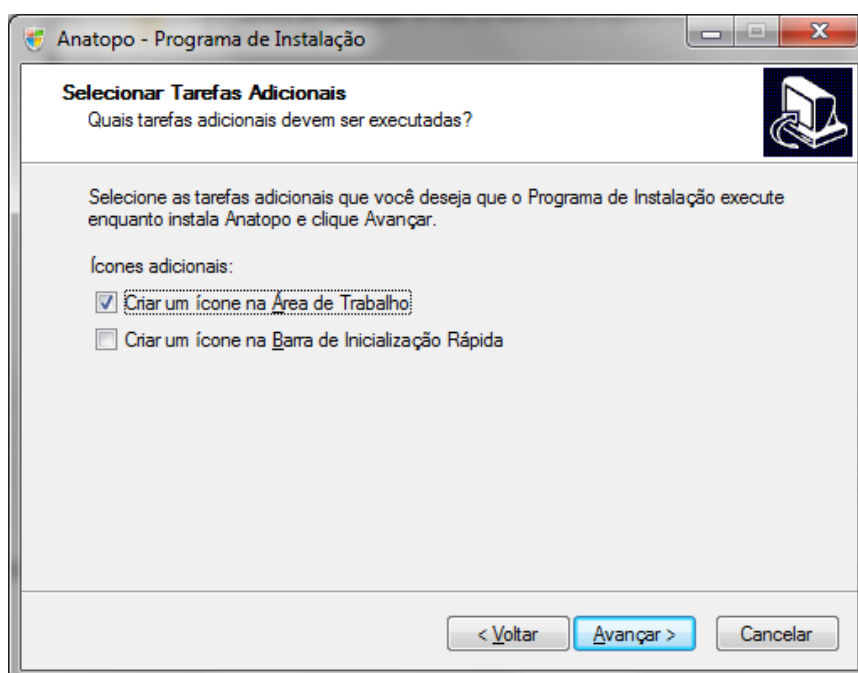


Figura B.5 – Seleção de Tarefas Adicionais

7. Em seguida, mostra-se uma lista dos componentes a serem instalados na sua máquina.

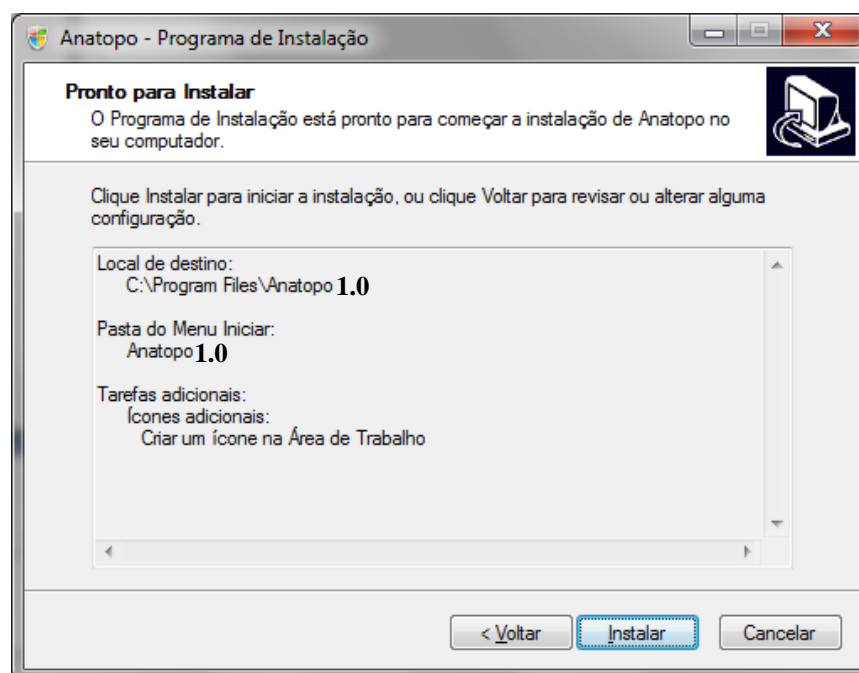


Figura B.6 – Resumo de Instalação

8. Em seguida o programa instala os componentes selecionados.

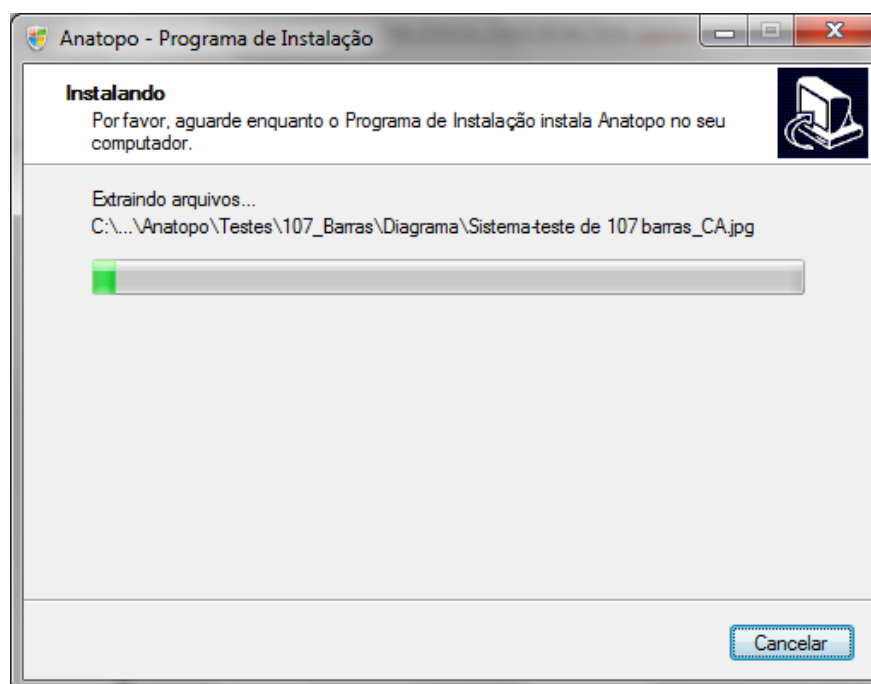


Figura B.7 – Progresso de Instalação



CARACTERÍSTICAS DO ANATOPO

A ferramenta computacional proposta é caracterizada por diferentes módulos, janelas e arquivos de saída. A seguir é apresentada uma descrição dos mais importantes componentes do *Anatopo*.

Janela Splash: Nesta, apresentam-se as informações iniciais do aplicativo, o propósito desta é informar os créditos do aplicativo computacional:

- (i) Patrocínio, apresentando o apoio que permitiu a realização desta ferramenta computacional;
- (ii) Versão, informando qual é a sequência de melhorar do aplicativo;
- (iii) Orientadores, pessoas encarregadas pelo fomento e elaboração do aplicativo;
- (iv) Desenvolvedores, encarregados da manutenção e implementação do aplicativo;
- (v) Dados de Contato; para fornecer um eventual suporte do aplicativo ou para a interação de um possível interesse por parte do usuário.

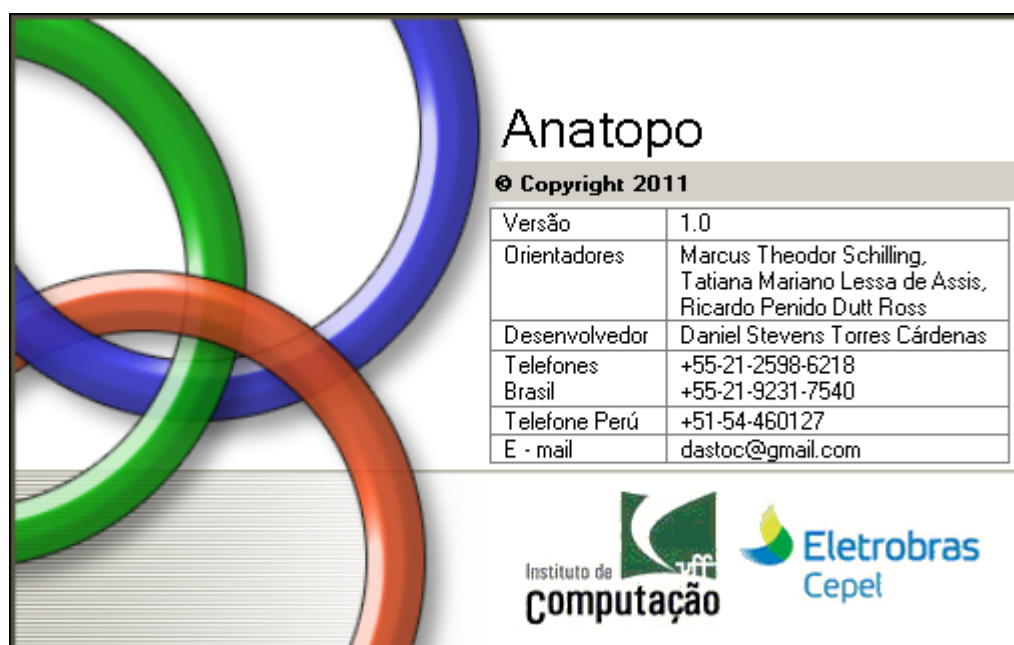


Figura B.8 – Janela *Splash*

Janela Principal: Principal componente do programa, onde se apresentam todas as funcionalidades do programa *Anatopo*.

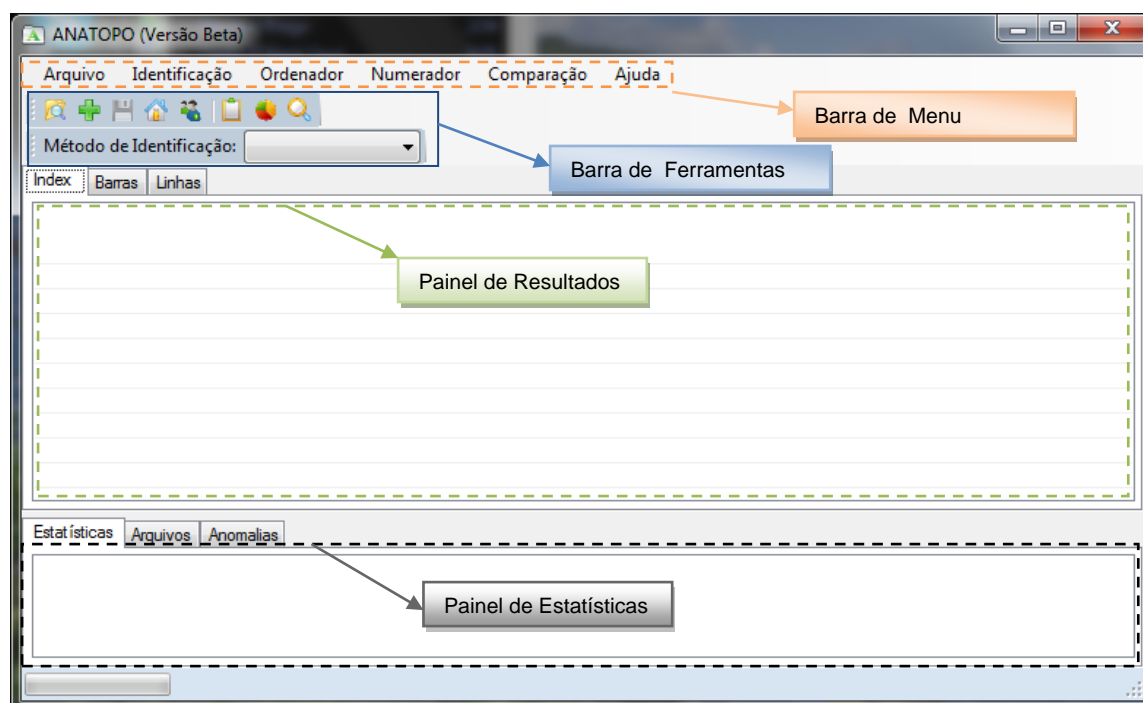


Figura B.9 – Painel Principal

Métodos de Identificação: Os métodos de identificação de tensões são considerados um dos principais aportes deste programa. Portanto, eles cumprem uma função primordial na identificação de uma rede elétrica. Todos estes encontram-se bem diferenciados no *Anatopo*, tendo dentro da barra de ferramentas uma lista de seleção que facilita a escolha do método a ser utilizado.

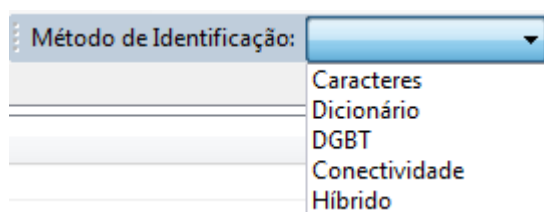


Figura B.10 – Seleção dos Métodos de Identificação

Estes métodos também encontram-se na barra de menu, como ilustrado abaixo:

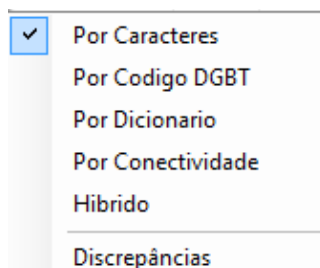


Figura B.11 – Menu dos Métodos de Identificação



Gerenciador de Discrepâncias: Sub-menu utilizado para comparar os diferentes métodos de identificação. Neste módulo podem se utilizar os seguintes métodos de identificação de tensões:

- Método por Caracteres.
- Método por Dicionário de Dados.
- Método por DGBT.
- Método por Conectividade.

Todos estes métodos podem ou não ser utilizados por uma ponderação arbitrária (definida pelo usuário) com a qual os resultados obtidos terão resultados diferentes.

Discrepância dos Métodos de Identificação

Opções de Discrepância

☒ Todos os Métodos

☐ Escolher Métodos (Arbitrário)

Arquivos

Arquivo Principal : C:\Daniel Stevens\Tese ANATC ...

Arquivo Externo : C:\Daniel Stevens\Tese ANATC ...

Consultar

Procurar Barras

Adicionar Dicionário

Aceitar

Ponderação	0	0	0	0		
Número	Nome	M. Caracteres	M. Dicionário	M. DGBT	M. Conectividade	Sugestão Neutra
824	GBMUNHOZ-500	500	500	500	500	500
856	SEGREDO-500	500	500	500	500	500
895	BATEIAS-500	500	500	500	500	500
896	CASCAVELO500	500	500	500	500	500
897	SCAXIAS-500	500	500	500	500	500
933	AREIA-500	500	50	500	500	Discrepância Sem Tensão
938	BLUMENAU-500	500	500	500	500	500
955	CNOVOS-500	500	500	500	500	500
959	CURITIBA-500	500	500	500	500	500
964	CAXIAS-500	500	500	500	500	500
976	GRAVATAI-500	500	500	500	500	500
995	ITA-500	500	500	500	500	500
1030	MACHADIN-500	500	500	500	500	500
1060	SSANTIAG-500	500	500	500	500	500
814	BATEIAS-230	230	230	230	Sem Tensão	230
839	CASCAVEL-230	230	230	230	Conflito Semente	Discrepância Sem Tensão
898	FCHOPIM-230	230	230	230	Conflito Semente	Discrepância Sem Tensão
934	AREIA-230	230	230	230	Conflito Semente	Discrepância Sem Tensão

Figura B.12 – Janela de Gerenciador de Discrepâncias

Módulo de Identificação: Todo o módulo de identificação pode ser resumido numa só janela chamada de Configurador de Identificação, onde o usuário poderá identificar e selecionar os diferentes componentes da rede elétrica. Esta janela é ilustrada a seguir:

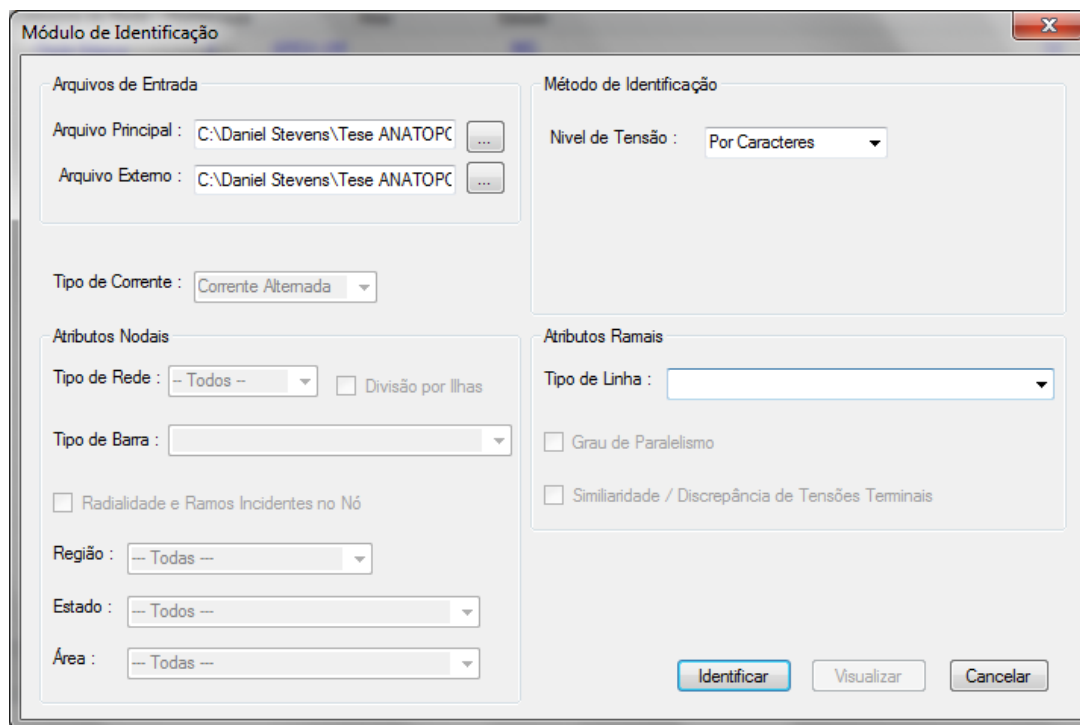


Figura B.13 – Gerenciador do Módulo de Identificação

Módulo de Estatística: Neste módulo são apresentadas diversas contabilizações e/ou estatísticas referentes à topologia identificada. A Figura B.14 apresenta o resumo de algumas contabilizações resultantes do programa em questão.

Estatísticas	
Arquivos Anomalias	
ESTATÍSTICAS NODAIS	
Quantidade de Barras.....	(4194)
Quantidade de Ilhas.....	(4)
Quantidade de Malhas.....	(1347)
Quantidade de Malhas Nao Singulares.....	(146)
Quantidade de Malhas Singulares.....	(1156)
Quantidade de Malhas Tensoes Diferentes.....	(45)
Quantidade de Malhas por Tensao.....	(145)
Quantidade de Malhas por Sementes.....	(145)
Quantidade de Niveis de Tensao Padrao.....	(25)
Quantidade de Outros Niveis de Tensao.....	(624)
Quantidade de Barras Nao Identificadas.....	(48)
Quantidade de Radialidades Identificadas.....	(22)
Quantidade de Areas Identificadas.....	(70)
ESTATÍSTICAS RAMAIS	
Quantidade de Ramos.....	(5976)
Quantidade de Ramos Transformadores.....	(2205)
Quantidade de Ramos Transmissao.....	(3771)
Quantidade de Ramos com "X" Negativa.....	(246)
ESTATÍSTICAS DA REDE	
Carga Total da Rede PL.....	= 55861
Carga Total da Rede QL.....	= 17250

Figura B.14 – Módulo de Estatísticas

Módulo de Anomalias: Este módulo apresenta possíveis anomalias encontradas na identificação da topologia. O mesmo é acionado por defeito e somente mostra os seus resultados caso o usuário acessar na aba pertinente. A Figura B.15 ilustra os resultados do módulo.

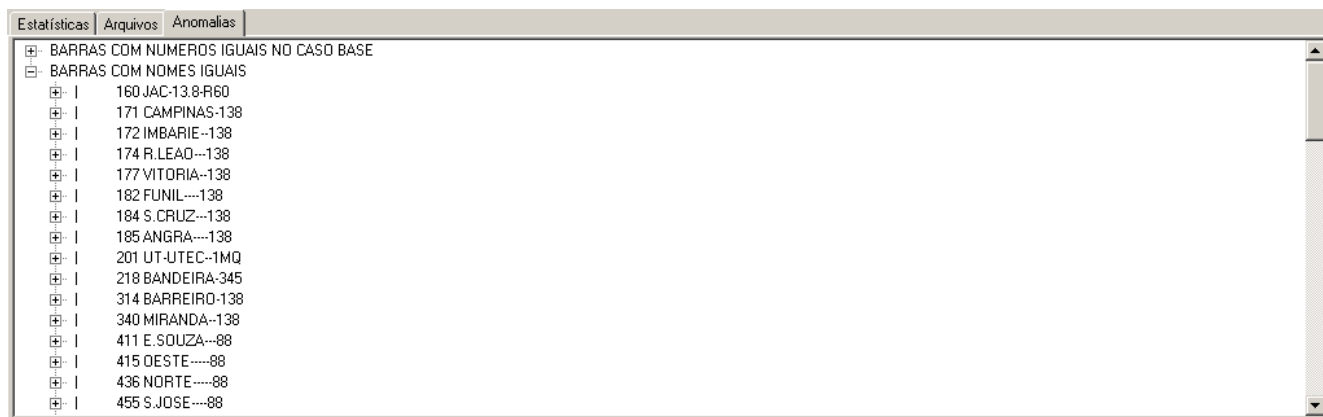


Figura B.15 – Módulo de Anomalias

Módulo de Diagnose: Este módulo basicamente se encarrega de mostrar o Histograma X/R, que é apresentado na Figura B.15.

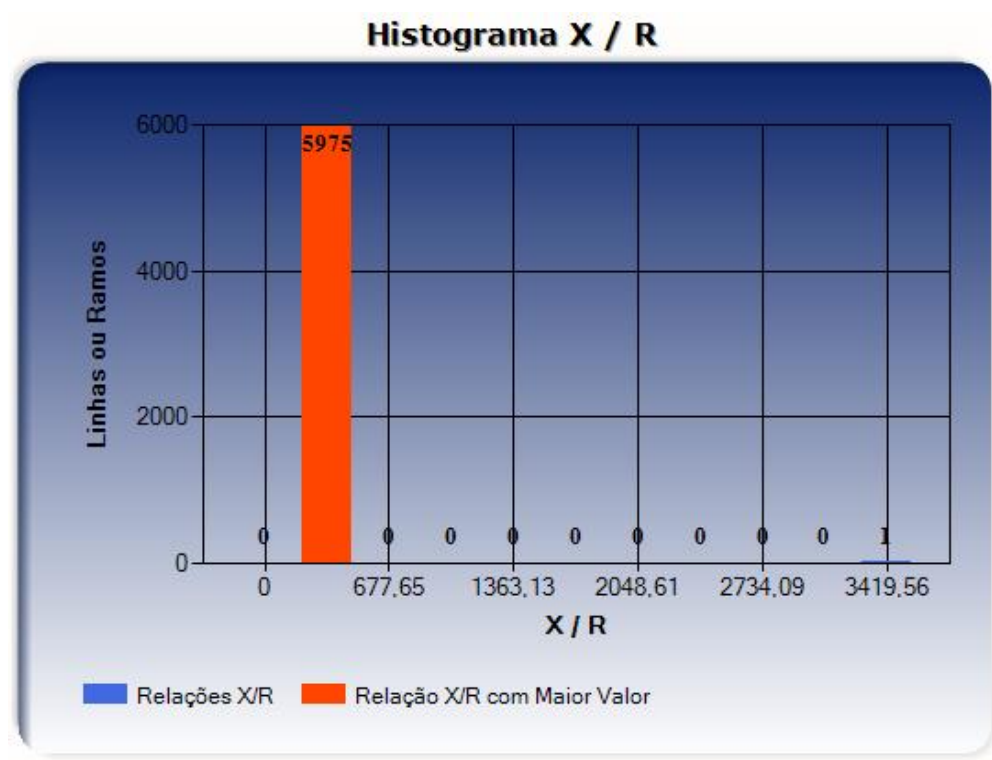


Figura B.16 – Módulo de Diagnose

Módulo Ordenador: Este módulo é o encarregado de ordenar os barramentos.

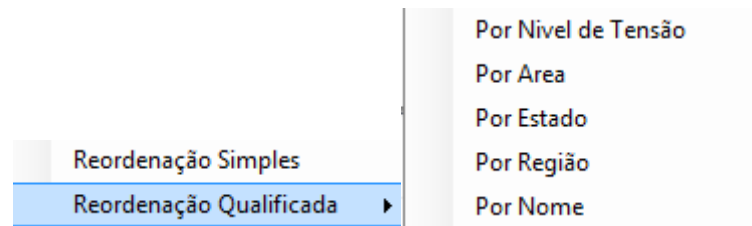


Figura B.17 –Menu do Módulo Ordenador

Módulo Renumerador: Este módulo é o encarregado de renumerar os barramentos identificados no módulo identificador. Ele está dividido funcionalmente por 3 tipos de renumeração, como mostra a Figura B.15.

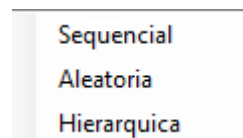


Figura B.18 – Menu do Módulo Renumerador

- a) Sequencial: Neste caso é preciso definir um número inicial, e um intervalo para que a renumeração seja completada.

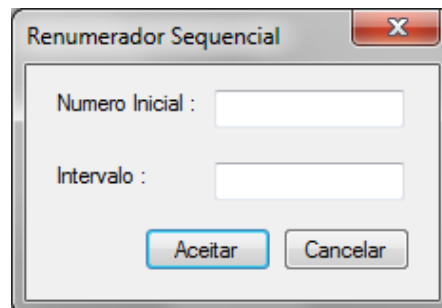


Figura B.19 – Janela do Renumerador Sequencial

- b) Aleatória: A renumeração é feita por números aleatórios que não guardam nenhum tipo de relação entre eles.
- c) Hierárquica: Renumeração onde se consideram tipos de agregados com uma ordem determinada, além disso há um discriminador para definir uma faixa de números a serem utilizados: um número de início e um intervalo.

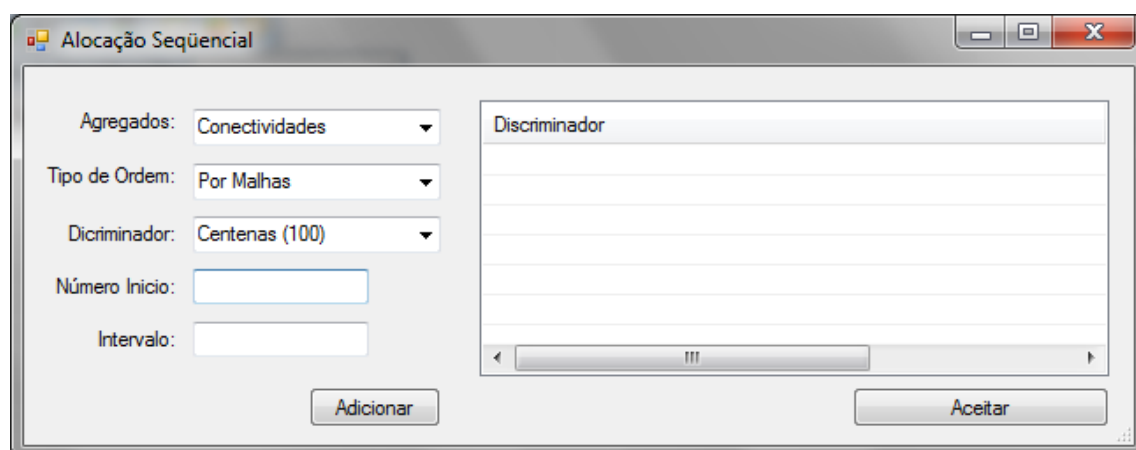


Figura B.20 – Janela do Renumerador por Hierarquia

Módulo Comparador: Este módulo é encarregado de comparar duas configurações de redes elétricas. É necessário definir barramentos onde o usuário tenha plena certeza que estes são inequivocamente correspondentes nas duas configurações de rede a serem utilizadas.

Uma vez que as duas configurações de rede foram identificadas, se procede a comparar estas identificando as coincidências e diferenças das duas redes elétricas, como se ilustra na Figura B.21.

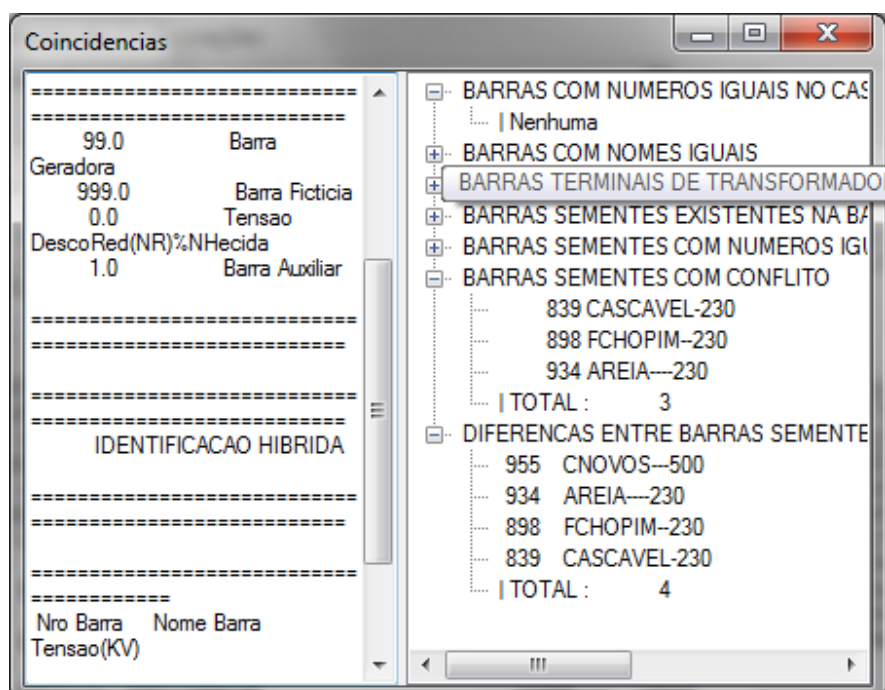


Figura B.21 – Janela do Módulo Comparador



ENTRADA DE DADOS

Para inserir os dados, podem ser utilizados três tipos de arquivos: (i) Análise de fluxos de potência (.PWF) (ii) Análise de curto-circuito (.ANA) (iii) Arquivo externo ou Dicionário de Dados (.D). A seguir é mostrada uma breve descrição da configuração de cada um destes arquivos de entrada.

Arquivo Anarede (.PWF):

The screenshot shows a text editor window titled "IN - Bloco de notas" with a menu bar (Arquivo, Editar, Formatar, Exibir, Ajuda). The text content is as follows:

```

DBAR
(Num)OETGb nome )Gl( V)( A)( Pg)( Qg)( Qn)( Qm)(Bc )( P1)( q1)( sh)Are(vf)
10 L1 WANGRA-1--1GR 81000-69. 650.9377-211. 414. 32.15.49 441000
11 L1 WANGRA-2--1GR 81000-69.1350.222.1-600. 600. 441000
12 L1 W.CBARRET-6GR 81000-44.1015.-117.-540. 420. 11000
13 L1 W.CBARRET-000 81030-49. 0. 0. 0. 0. 11000
14 L1 W.FUNIL-1--1GR 81020-80. 65.7.847 -50. 50. 1.14 0. 11000
15 L1 W.FUNIL-2--2GR 81020-80. 131.15.96-100. 100. 11020
16 L1 W.FURNAS---8GR 81000-50.1207.-122.-720. 480. 11000
17 L1 W.FURNAS---000 81030-57. 0. 0. 0. 0. 11000
18 L1 W.TUMBIAR-6GR 81010-24.2120.-304.-546. 600. 11000
19 L1 W.TUMBIAR-000 81030-32. 0. 0. 0. 0. 11000
20 L1 W.TARIMBON-8GR 81050-36.1368.-175.-640. 640. 11000
21 L1 W.MANSO---4GR 810009.51 179. 15.8 -80. 84. 11020
22 L1 W1.MOR.A--6GR 81000-42. 312.-19.2-120. 126. 1.8 0. 11000
24 L1 W1.MOR.B--4GR 8 980-46. 175. 60.5 -24. 62. 1.2 0. 11000

99999
DLIN
(De )d o d(Pa )NCEP ( R% )( X% )(Mvar)(Tap)(Tmn)(Tmx)(Phs)(Bc )(Cn)(Ce)Ns
38 17954 2.72 1. 600 690
61 1106 2 T .00509.1056910.871 27283223
61 1106 3 T .00501.1038110.687 27283223
61 1106 4 T .00494.1023810.537 27283223
62 65 1 -.749 36833683
63 65 1 -.749 36833683
66 59 1 -.167 .9981 .8361.053 661650183232
74 76 1 .07 1.75 873. 41334174
75 76 1 .07 1.8901.17 41334174
76 80 3 .697 1. 16501815
76 81 4 1.03 1. 15001650
77 76 1 .666 1.097 16501650
77 76 2 .67 1.097 16501650

99999
DGBT
(G ( kv)
Y 999.
A 765.
B 525.
D 440.
E 345.
U 289.
F 230.
S 161.
G 138.
T 115.
W 99.
99999
  
```

Annotations in the image:

- DBAR**: A bracket on the left side of the DBAR section.
- DLIN**: A bracket on the left side of the DLIN section.
- DGBT**: A bracket on the left side of the DGBT section.
- Código DGBT**: A dashed box around the "99999" line between DLIN and DGBT.
- Taps dos Transformadores nas linhas de Transmissão**: A dashed box around the "Tap" field in the DLIN section, with an arrow pointing to the value ".9981 .8361.053".

Figura B.22 – Formatação Arquivo de Entrada (Anarede)

Arquivo ANAFAS (.ANA):

38		Nº Barra	Nome da Barra	Nome da Barra		
(NB	C/M	BN	VBAS	DISJUN	IA	SA
(-						
1	1	T#FU 345 13A			16	
2		FURNAS 345	345		16	
3		FURNAS 13A	13.8		16	
5	1	T#FU 345 13B			16	
6		FURNAS 13B	13.8		16	
7		M.MORAES345	345		16	
8	1	T#MM 345138A			16	
9		M.MORAES138	138		16	
10		L.C.BAR.345	345		16	
11	1	T#AD 500345C			16	
12		P.CALDAS345	345		16	

Figura B.23 – Formatação Arquivo de Entrada Anafas – Código 38

37		Nº Barra Inicial da Linha		Nº Barra Final da Linha		Resistência e Reatância da Linha						
(BF	C	BT	NCT	R1	X1	R0	X0	CN	TB	TCIA	DEF	KM
(-												
6203	0	1	9999999999999			380			6323		1	
6202	0	1	9999999999999			380			6322		1	
681	0	1	9999999999999			1825	AMPLA				1	
6204	0	1	9999999999999			380			6324		1	
5750	0	1	9999999999999		0.73088	.8368	CEE				3	
5871	0	1	9999999999999		0.81058	.6738	CEE				3	
5843	0	2	9999999999999		0.73578	.9572	CEE				3	
5703	0	1	9999999999999		0.80428	.7323	CEE				3	

Figura B.24 – Formatação Arquivo de Entrada Anafas – Código 37

Arquivo DICIONÁRIO DE DADOS (.D): Este é um arquivo proposto pelo *Antatopo (versão 1.0)*, a formatação do mesmo foi definida arbitrariamente através do código do próprio programa. Cabe mencionar que a estrutura deste arquivo é afeta a mudanças que aprimorem eficiência no processamento e /ou utilidade do programa.

A Figura B.25 apresenta a formatação do código DBAR e a Figura B.26 mostra a formatação do código DBSE (referente às barras sementes).

Nº Barra	Nome da Barra	Tensão da Barra	DGBT	Estado	Região
DBAR	(Num)	(---NOME---	(NTEN)	GB	ES RG
((((((
1	BANDEI138000	138.0	1	MG	SE
2	3IRMAOS138.0	138.0	1	MG	SE
3	138TAQUARUCO	138.0	1	RJ	SE
4	MMI138RIM.13	138.0	1	RJ	SE

Figura B.25 – Comando DNOS do Dicionário de Dados

Nº Barra	Nome da Barra	Tensão da Barra
DBSE	(Num)	(---NOME---
(((
(Semente Adicionada pelo Programa ANATOPO	15	SaoSCa67-138
138.0		
(Semente Adicionada pelo Programa ANATOPO	10	2Char6quea69
69.0		
(Semente Adicionada pelo Programa ANATOPO	8	LARGO230..09
230.0		
(Semente Adicionada pelo Programa ANATOPO	5	EMBUGUA138,0
750.0		
(Semente Adicionada pelo Programa ANATOPO	4	MMI138RIM.13
750.0		
99999		
FIM		

Figura B.26 – Comando DBSE do Dicionário de Dados

* * *

FUNÇÕES E SUB-ROTINAS DO ANATOPO (VERSÃO 1.0)

O aplicativo computacional *Anatopo (versão 1.0)* está composto por uma estrutura funcional. Dentro dos módulos que compõem o aplicativo, o módulo de processamento cumpre a função principal de mostrar ao usuário todas as vantagens que o programa proposto oferece.

Neste apêndice, são apresentadas as funções e subrotinas mais relevantes do programa *Anatopo (versão 1.0)*; todas estas cumprem um papel importante no módulo de processamento.

Convém ainda enfatizar que estas subrotinas e funções foram implementadas em duas linguagens de programação: Visual Basic e Fortran; tais rotinas pertencem aos submódulos “*DLL*” e “*Interface*” respectivamente (vide Seção 3.2).

SUBROTINAS E FUNÇÕES

(A) FrmAnatopo			
Subrotina	Descrição	Parâmetros	Evento
FrmAnatopo_Load	Inicializa e cria a interface do Menu principal.	System.Object, System.EventArgs	Shown
Usuarios_Click	Chama à Interface de Usuários	System.Object, System.EventArgs	Click
Limpar_Arquivos	Desconsidera os arquivos adicionados sejam arquivos de configuração ou arquivos externos.	Integer	
CarregarArquivoTo olStripMenuItem_C lick	Gerencia o carregamento em memória dos arquivos de Topologia Origem.	System.Object, System.EventArgs	Click
ListViewData_Colu mnClick	Ordena os dados da coluna selecionada.	Object, ColumnClickEventArgs	ColumnCl ick
Show_Results	Mostra resultados guardados em arquivos de saída .OUT	Integer	
Show_ListView	Mostra resultados numa tabela ListView.	Boolean	
Metodo_Click	Gerenciador dos Métodos de Identificação	System.Object, System.EventArgs	Selected IndexCha nged
Id_PorCaracteres_ Click	Chama ao método de Identificação via Caracteres	System.Object, System.EventArgs	Click
Id_PorCodigoDGBT_ Click	Chama ao método de Identificação por Código DGBT	System.Object, System.EventArgs	Click

Subrotina	Descrição	Parâmetros	Evento
Id_PorDicionario_Click	Chama ao método de Identificação por Dicionário de Dados	System.Object, System.EventArgs	Click
Id_PorConectividade_Click	Chama ao método de Identificação por Conectividade	System.Object, System.EventArgs	Click
Id_Hibrido_Click	Chama ao método de Identificação Híbrida	System.Object, System.EventArgs	Click
SairToolStripMenuItem_Click	Finaliza a utilização do módulo atual.	System.Object, System.EventArgs	Click
AdicionarArquivoToolStripMenuItem	Adiciona arquivos externos	System.Object, System.EventArgs	Click
Criar_ListView	Cria uma nova fila na tabela que apresenta os arquivos utilizados	String1, String2	
SimplesToolStripMenuItem_Click	Chama ao módulo ordenador simples.	System.Object, System.EventArgs	Click
Levantamento_Estatistico	Mostra os resultados encontrados no módulo Estatístico.		
Anomalias	Mostra as anomalias achadas no na Rede Elétrica.		
Open_Arquivo_Rede	Abre um novo arquivo de Topologia Origem.	Boolean	Boolean
Adicionar_Arq	Adiciona arquivos externos na memória.		Boolean
FindListViewText	Procura item numa tabela ListView.	ListView, String	ListViewItem

(B) Module Basic Fortran			
Subrotina	Descrição	Parâmetros	Evento
DLL_Anatopo	Solicita informações dos barramentos e linhas da rede.	Integer1, Integer2, String1, Double, String2, String3, String4, Integer3, Boolean	
Categorias_Nos	Solicita informações das características dos barramentos (nós).	String1, Integer1, Integer2, Integer3, Integer4, Integer5, Integer6, String2, String3, String4	
Leitura_dados	Realiza a leitura dos arquivos que contém a topologia da rede.	String, Integer, Boolean	
Lev_Estatistico	Apresenta as estatísticas do caso em estudo (Rede definida).	nenhum	
Radialidades	Acha as radialidades de cada um dos barramentos da rede.	Integer	
Categorias_ramos	Solicita informações das características das linhas (ramos).	Integer1, Integer2	
Areas	Solicita os nomes das áreas identificadas.	Integer1, String, Integer2	
Linhas	Solicita informações das linhas (ramos) que compõem a rede elétrica.	Integer1, Integer2, Integer3, Integer4, Double1, Double2	
Def_Dim	Define as dimensões de todos os elementos que compõem a rede elétrica.	String, Integer1, Boolean, Integer2	
Def_Rede	Define a quantidade de redes elétricas a ser utilizadas.	Integer	

Subrotina	Descrição	Parâmetros	Evento
Mod_ID	Chama ao modulo de Identificação, tendo que se definir o método a ser utilizado.	String1,String2,Integer1,String3,Integer2,Integer3,Integer4,Integer5	
Mod_ORD	Chama ao modulo Ordenador.	Integer1,Integer2	
Mod_RE_SIM	Chama ao modulo Renumerador Simples	Integer1,Integer2,Integer3,Integer4	
Mod_estatistico	Chama ao Sub-Módulo de Estatística.	Integer1,Integer2,Integer3,Integer4	
Dados_Histograma	Solicita dados do Sub-modulo de Diagnose	Integer	
Mod_histograma	Agrupa os dados utilizados para gerar o histograma de relação X/R	Integer1, Double,Integer2	
Discrepancias	Chama ao modulo Híbrido Inteligente (modulo que retorna uma matriz com as tensões identificadas pelos diferentes métodos de Identificação).	Boolean, Integer1,Integer2, String1,String2, Integer3,Integer4,Integer5, Double1,Integer6, Double2	
Sementes	Chama à função que Adiciona uma nova semente.	Integer, String1,Double, String2	
Dicionario	Chama à função que gera um novo dicionário.	String	
Conflito	Chama à função que elimina conflitos nas sementes.	nenhum	
Renu_Hier	Chama à função que faz a renumeração Hierárquica.	Integer1, Integer2,Integer3, Integer4	

(C) VBasic Fortran			
Subrotina	Descrição	Parâmetros	Evento
Env_Sementes	Valida os dados nas novas sementes a ser inseridas.	Integer, String,Double	
Inicializar	Inicializa os valores das variáveis utilizadas para os Nós e ramos do grafo.	String, Boolean,Integer	
Leitura_Rede	Chama à função que faz a leitura da rede elétrica.	String, Boolean	
Estatisticas	Recebe os dados estatísticos do sub-módulo estatístico.		
Radialidades	Retorna a radialidade dum barramento determinado.	Integer	
Arquivos Ext	Adiciona Arquivo Externo	String1, String2	
Get_Dados_Barra	Obtém dados dos barramentos.	Integer, Boolean	
Get Dados Area	Obtém dados das Áreas.	Integer, Boolean	
Get Linhas	Obtém dados das Linhas.	Integer	
Categorias_Barras	Obtém dados das categorias dos barramentos.	String1, Integer1,Integer2,Integer3,Integer4,Integer5,Integer6,String2,String3,String4	
Categorias Linhas	Obtém dados das linhas.	Integer1, Integer2	
DadosHistograma	Valida os dados que representam um histograma.	nenhum	
Get Histograma	Obtém dados do Histograma	Integer	
Dicrep_Metodos	Recebe as tensões identificadas pelos métodos de identificação.	Integer1,Integer2, Boolean	

Subrotina	Descrição	Parâmetros	Evento
Mod_Identificador	Valida os dados enviados para os métodos de identificação.	Integer1,Integer2,Integer3,Integer4,Integer5	Boolean
Ordenacao	Valida os dados enviados para o Módulo Ordenador	Integer1, Integer2	Boolean
Renumerador_Simples	Valida os dados enviados para este Módulo.	Integer1,Integer2,Integer3,Integer4	Boolean
GetTotalAreas	Obtém a quantidade de Áreas.		Integer
GetNomArea	Obtém os nomes da Áreas.		String
GetNroLinha	Obtém os números das Linhas.		Integer
GetNroBar	Obtém Número do barramento.		Integer
GetNomBar	Obtém o Nome do barramento.		String
GetTenBar	Obtém Tensão do barramento.		Double
GetArea	Obtém a Área dum barramento.		String
GetEstado	Obtém o Estado do barramento.		String
GetRegiao	Obtém a Região do barramento.		String
GetTotalNroBar	Obtém o Número total dos barramentos.		Integer
GetRadialBar	Obtém a Radialidade de um barramento determinado.		Integer
GetFlagLeitura	Obtém o Flag que define arquivo foi lido ou não.		Boolean
Get_Quantidade_X_R	Obtém a quantidade de dados relacionados a X/R.		Double
Get_Porcentagem	Obtém a porcentagem de sucesso na identificação de tensões.		Double

(D) Identify_Menu			
Subrotina	Descrição	Parâmetros	Evento
OK_Button_Click	Gerenciador do Identificador		Click
Cancel_Button_Click	Cancela a Identificação dos métodos.		Click
Arquivo1_Click	Adiciona o arquivo de configuração da Topologia.		Click
Arquivo2_Click	Adiciona o arquivo adicional		Click
MetIdTen_SelectedIndexChanged	Seleciona o método de identificação a utilizar.		SelectedIndexChanged
Visualizar_Click	Apresenta as características identificadas.		Click
Identify_Menu_Load	Carrega as variáveis iniciais da interface.		Load
Regiao_SelectedIndexChanged	Seleciona a região como atributo seletivo.		SelectedIndexChanged
Estado_SelectedIndexChanged	Seleciona o Estado como atributo seletivo.		SelectedIndexChanged
Area_SelectedIndexChanged	Seleciona a Área como atributo seletivo.		SelectedIndexChanged
Get_Arq	Obtém endereço do arquivo de configuração.		String

ESTRUTURA DO CD

1. Conteúdo do CD de Instalação

O CD de instalação contém:

- Arquivo PDF correspondente ao texto da Dissertação;
- Arquivo PPS com a apresentação da Dissertação;
- Diretório com o módulo executável do programa ANATOPO;
- Diretório com arquivos de dados e outros arquivos de interesse.

2. Módulo Executável

O módulo executável do programa encontra-se no diretório \ANATOPO. Para sua instalação, simplesmente copie o arquivo para o diretório de trabalho do computador. Todos os arquivos de dados deverão residir no mesmo diretório de instalação do programa.

3. Arquivos de Interesse

O diretório \Dados contém uma árvore de subpastas com diversos arquivos, incluído os arquivos de dados que geraram os resultados apresentados nesta Dissertação e os arquivos de saída correspondentes. Para instalação basta copiá-los para um diretório escolhido, lembrando que para executar o programa ANATOPO (*Versão 1.0*) os arquivos de dados não precisam ser copiados para o diretório no qual o programa foi instalado.

* * *