

**INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA**

**CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

NEIMAR DE ALMEIDA OLIVA

Inteligência Artificial Aplicada à Avaliação de Operadores de Redes de Distribuição

**Florianópolis - SC
Dezembro, 2017**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA**

**CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

NEIMAR DE ALMEIDA OLIVA

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA À AVALIAÇÃO DE
OPERADORES DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Professor Orientador: Edison A. C. Aranha Neto, Prof. Dr. Eng.

FLORIANÓPOLIS – SC, DEZEMBRO DE 2017.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Oliva, Neimar de Almeida
Inteligência Artificial Aplicada à Avaliação de Operadores de Redes de Distribuição / Neimar de Almeida Oliva ; orientação de Edison Antonio Cardoso Aranha Neto.
- Florianópolis, SC, 2018.
123 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Elétrica. Departamento Acadêmico de Eletrotécnica.
Inclui Referências.

1. Algoritmos genéticos. 2. Modelagem por grafos.
3. Redes de distribuição de energia elétrica. 4. Centro de Operação da Distribuição. 5. Avaliação Multicritério.
I. Aranha Neto, Edison Antonio Cardoso. II. Instituto Federal de Santa Catarina. Departamento Acadêmico de Eletrotécnica. III. Título.

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA À AVALIAÇÃO DE OPERADORES DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO

NEIMAR DE ALMEIDA OLIVA

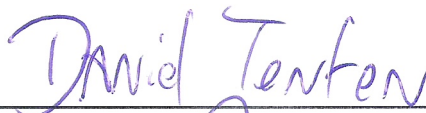
Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis – SC, 14 de dezembro de 2017.

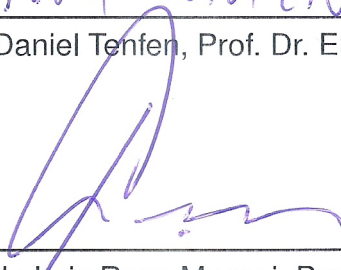
Banca Examinadora:



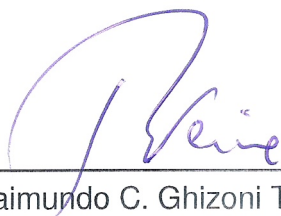
Edison A. C. Aranha Neto, Prof. Dr. Eng.



Daniel Tenfen, Prof. Dr. Eng.



Fernando Luiz Rosa Mussoi, Prof. Dr. Eng.



Raimundo C. Ghizoni Teive, Prof. Dr. Eng.

Este trabalho é dedicado a todos aqueles que não tiveram a mesma oportunidade de realizar um curso superior gratuito e de qualidade.

AGRADECIMENTOS

Ao povo brasileiro, pela oportunidade que me foi dada. Tenho a obrigação de lembrar sempre!

Ao meu pai João, à minha mãe Maria (*in memoriam*) e às minhas irmãs Noeli e Nívia, pelo apoio sempre. Aos meus amigos e incentivadores nesta empreitada – Jorge, Eduardo, Tatiane e Rodrigo. Em especial ao Alexandre, pelo socorro em todas as horas, por tudo.

Aos administradores do IFSC por cuidarem bem da instituição. Aos professores do IFSC, e em especial aos professores do departamento de eletrotécnica, que nos orgulham. Aos professores James, Bruno, Sica, Murilo e Tenfen pelo apoio multidisciplinar. Ao professor Kassick, porque não eram aulas, transcendiam!

Aos colegas graduandos da engenharia elétrica, em especial da turma de 2013/1. À Camila e ao Jonas, grandes parceiros, lutamos batalhas juntos! Ao Gabriel, ao Thiago, ao Drummond e ao Marlon por tornarem os deslocamentos diários mais suportáveis.

Aos meus coordenadores de pesquisa e extensão ao longo do curso, professores Rafael, Adriano Vitor, Edison e Piara, por toda a confiança e apoio. Aos colegas Allon, Vitor, Leocardia, Arthur, Gabriel e Kauan pela parceria nas pesquisas.

À Fundação Certi pela oportunidade de estágio. Ao Cesare, à Mayara, à Tania e a todos os colegas da Certi, por todo o apoio.

Ao professor Edison, pela orientação e parceria. Aos demais avaliadores, professores Tenfen, Fernando e Raimundo, por suas contribuições para a versão final deste trabalho.

*“Uma mente ativa,
em constante aprendizagem...
É uma eterna fonte da juventude!
(Rosangela Zorio)*

RESUMO

Os operadores dos Centros de Operação da Distribuição (COD) desempenham uma tarefa complexa ao decidir a sequência de manobras necessárias para o restabelecimento das redes após a ocorrência de contingências (raios, queda de árvores etc.). O número de variáveis envolvidas é grande, e suas ações impactam na continuidade de fornecimento de energia elétrica, podendo gerar prejuízos aos clientes, e à distribuidora em forma de multas ou redução de faturamento. É conveniente à distribuidora ter os meios de identificar se os seus procedimentos e as ações tomadas pelos operadores dos centros de operação da distribuição resultam nos melhores resultados. Isto possibilita a tomada de ações de melhoria como a adoção de treinamentos específicos, ou mesmo a alteração dos seus procedimentos de restabelecimento da rede. Este trabalho propõe um método de avaliação da sequência de manobras adotada pelos operadores, através da comparação com uma solução obtida por inteligência artificial. Um alimentador de uma rede de distribuição real é utilizado como referência para o estudo do funcionamento da rede e para a sua modelagem por grafos. Um modelo multicritério de avaliação da sequência de manobras é desenvolvido, considerando os critérios relevantes para a distribuidora, como o atendimento aos clientes prioritários, a energia suprida, as perdas técnicas, o limite de tensão e o limite de carregamento. Através de um algoritmo genético de tamanho de cromossomo variável, e com refinamento progressivo, o modelo é aplicado a um caso real. Os resultados obtidos da otimização comparados com as ações tomadas pelos operadores em um caso real demonstraram a pertinência de sua aplicação, mostrando haver margem para o aperfeiçoamento das ações tomadas pelos operadores.

Palavras-chave: Algoritmos genéticos. Modelagem por grafos. Redes de distribuição de energia elétrica. Centro de Operação da Distribuição. Avaliação Multicritério.

ABSTRACT

Operators in charge of the Distribution Network Control Center (DNCC) play a complex role in deciding the necessary switching sequence for the reestablishment of power networks after the occurrence of contingencies (lightning, falling trees etc.). There are many variables associated with the problem and the actions taken to resolve the problem impact on the continuity of power delivery, which can cause losses to customers, and to the distributor in the form of fines or billing reduction. It is convenient for the distributor to have the means for identifying if its procedures and its problem-solving choices are the best practices. This way it is possible to take actions for improvements such as the adoption of specific training or the change of the network re-establishment's procedures. This work proposes a method to evaluate the switching sequence adopted by the operators, through the comparison with a solution obtained by artificial intelligence means. A feeder from an actual distribution network is used as a case study, modeled by Graphs theory. A multi-criteria model for the evaluation of the switching sequence is developed, considering the relevant criteria for the distributor, such as priority customers, power delivery, technical losses, voltage limit and load limit. Through a genetic algorithm of variable length chromosomes (VLC), and progressive refinement of the problem domain, the model is applied to a real case. The results from the optimization compared to the actions taken by the operators in the real case demonstrate the pertinence of the method and show that there is room for improvement of the actions taken by the operators.

Keywords: Genetic algorithms. Graph modeling. Power distribution network. Distribution system control center. Multi-criteria evaluation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Centro de Operação da Distribuição (COD) da CPFL Energia. . . .	25
Figura 2 – Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) - Brasil.	26
Figura 3 – Equivalente elétrico de um trecho de rede segundo o Método da Soma das Potências (MSP)	36
Figura 4 – Exemplo da representação por grafos de uma rede de distribuição. .	37
Figura 5 – Exemplo de listas de adjacências.	37
Figura 6 – Exemplo de uma rede de distribuição de topologia radial.	38
Figura 7 – Critérios para determinação do impacto de uma contingência. . . .	40
Figura 8 – Cadeia de etapas de desenvolvimento da metodologia proposta. . .	45
Figura 9 – Árvore de Pontos de Vista Fundamentais	49
Figura 10 – Número de consumidores prioritários atendidos em função do tempo.	50
Figura 11 – Formação do cromossomo do AG proposto	57
Figura 12 – Fluxograma do algoritmo completo de otimização proposto	57
Figura 13 – Exemplo do Refinamento Progressivo do Domínio do Problema com o Incremento Gradativo do Comprimento do Cromossomo.	58
Figura 14 – Fluxograma de cada etapa do algoritmo genético proposto	59
Figura 15 – Exemplo de busca em profundidade em um grafo.	62
Figura 16 – Rede de distribuição radial de referência	66
Figura 17 – Diagrama do Alimentador do Estudo de Caso	67
Figura 18 – Diagrama do Alimentador do Estudo de Caso – Ações 1 e 2	71
Figura 19 – Diagrama do Alimentador do Estudo de Caso – Ações 3 e 4	72
Figura 20 – Diagrama do Alimentador do Estudo de Caso – Ações 5 e 6	73
Figura 21 – Diagrama do Alimentador do Estudo de Caso – Ações 7 e 8	73
Figura 22 – Diagrama do Alimentador do Estudo de Caso – Resultado Final . .	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz normalizada de critérios	55
Tabela 2 – Escala fundamental de números absolutos	55
Tabela 3 – Alimentador primário MAZ10	65
Tabela 4 – Consumidores supridos pelo alimentador	65
Tabela 5 – Carregamento dos transformadores do alimentador	66
Tabela 6 – Número de ramos da modelagem da rede de distribuição	68
Tabela 7 – Número de chaves de proteção e manobra do alimentador do estudo de caso	68
Tabela 8 – Carregamento dos alimentadores de fronteira com MAZ10	69
Tabela 9 – Calibração do algoritmo de otimização	69
Tabela 10 – Tempo de execução da manobra	69
Tabela 11 – Avaliação de alternativas para o restabelecimento da rede	70
Tabela 12 – Comparativo de Resultados	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AG	Algoritmo Genético
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AT	Alta Tensão de Distribuição
BT	Baixa Tensão de Distribuição
CAA	Cabo de Alumínio com Alma de Aço
COD	Centro de Operação da Distribuição
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
DIC	Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão
DICRI	Duração de Interrupção Individual Ocorrida em Dia Crítico por Unidade Consumidora
DMIC	Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão
DRP	Duração Relativa da Transgressão para Tensão Precária
DRC	Duração Relativa da Transgressão para Tensão Crítica
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
FER	Frequência Equivalente de Reclamação
FIC	Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão
IA	Inteligência Artificial
IAb	Indicador de Abandono do Atendimento Telefônico
IASC	Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor
ICO	Indicador de Chamadas Ocupadas do Atendimento Telefônico

INS	Indicador de Nível de Serviço do Atendimento Telefônico
MSC	Método da Soma das Correntes
MSP	Método da Soma das Potências
MT	Média Tensão de Distribuição
NA	Normalmente Aberta
NF	Normalmente Fechada
POM	Problema de Otimização Multiobjetivo
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
pu	Por Unidade
RD	Rede de Distribuição
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SE	Subestação de Distribuição
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
VLC	<i>Variable Length Chromosome</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	25
1.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	27
1.3	JUSTIFICATIVA	27
1.4	HIPÓTESE	28
1.5	OBJETIVO GERAL	28
1.6	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO	29
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	31
2.1	REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA	31
2.1.1	Elementos da Rede Primária de Distribuição	32
2.1.2	Qualidade de Energia Elétrica	33
2.1.3	Perdas Elétricas	34
2.1.4	Fluxo de Carga em Sistemas de Distribuição	35
2.1.5	Representação por Grafos	36
2.2	RECONFIGURAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA	38
2.2.1	Procedimentos de restabelecimento de redes de distribuição	39
2.2.1.1	Localização de defeito e restabelecimento de redes de distribuição de energia	40
2.3	AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DE ALTERNATIVAS	41
2.4	OTIMIZAÇÃO PARA RECONFIGURAÇÃO DE REDES	42
2.4.1	Algoritmos genéticos	44
3	AVALIAÇÃO DE OPERADORES DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO	45
3.1	INTRODUÇÃO	45
3.2	FUNCIONAMENTO E MODELAGEM DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO	46
3.2.1	Verificação da consistência dos dados de entrada do modelo	46
3.2.2	Redução do modelo dos alimentadores	47
3.2.3	Bancos de capacitores	47
3.2.4	Simplificações do modelo	47
3.2.5	Dados de entrada para o algoritmo de otimização	48
3.3	AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DO RESTABELECIMENTO DE REDE	48
3.3.1	Árvore de pontos de vista fundamentais	48
3.3.1.1	Atendimento aos clientes prioritários	49
3.3.1.2	Energia suprida	50

3.3.1.3	Perdas técnicas	51
3.3.1.4	Limite de tensão	53
3.3.1.5	Limite de carregamento	53
3.3.2	Definição das taxas de substituição entre os critérios	54
3.3.3	Função de valor global do modelo multicritério	55
3.4	ALGORITMO DE OTIMIZAÇÃO POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	56
3.4.1	Representação Cromossômica	56
3.4.2	Algoritmo de otimização completo	57
3.4.3	Criação da população inicial aleatória a cada etapa	58
3.4.4	Operadores do algoritmo genético	60
3.4.5	Penalização das sequências de manobras inviáveis	61
3.4.6	Implementação computacional	61
3.4.6.1	Fluxo de carga pelo método MSP	62
3.4.6.2	Geração de números aleatórios	63
4	ESTUDO DE CASO	65
4.1	DESCRIÇÃO DO ALIMENTADOR PRIMÁRIO	65
4.2	DESCRIÇÃO DA CONTINGÊNCIA	67
4.3	MODELAGEM DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO	68
4.4	CARREGAMENTO DOS TRAFOS DOS ALIMENTADORES VIZINHOS	68
4.5	AJUSTE DOS PARÂMETROS DE OTIMIZAÇÃO	69
4.6	RESULTADOS	70
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	76
	REFERÊNCIAS	77
	APÊNDICE A – FLUXO DE CARGA	81
A.1	Código em linguagem C do fluxo de carga pelo Método da Soma das Potências (MSP)	81
	APÊNDICE B – DADOS DE MODELAGEM DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DO ESTUDO DE CASO	85
B.1	Alimentadores	85
B.2	Ramos	85
B.3	Transformadores	112
B.4	Bancos de capacitores	122

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O Centro de Operação da Distribuição (COD) é a área responsável pelas atividades de coordenação, supervisão, controle, comando e execução das atividades operacionais realizadas no sistema elétrico pertencente a cada concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica, centralizando pessoal, informações, equipamentos e processamento de dados necessários à sua tarefa (ANEEL, 2016). A Figura 1 apresenta uma sala de controle do COD.

Figura 1 – Centro de Operação da Distribuição (COD) da CPFL Energia.



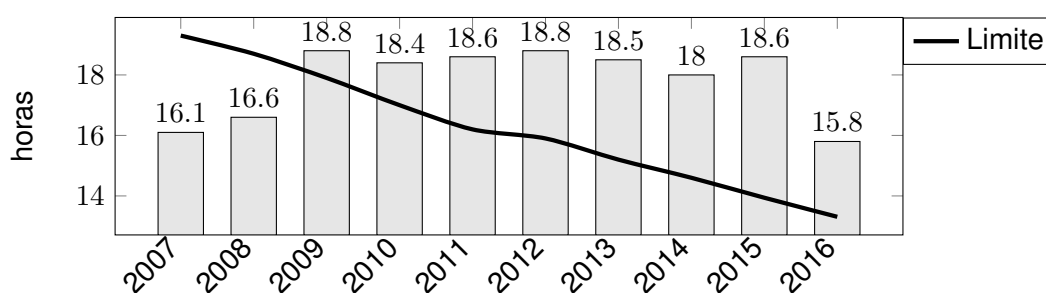
Fonte: Rádio Azul Celeste.

Suas atividades podem ser categorizadas em Pré Operação, Tempo Real, Pós Operação e Planejamento da Operação. A Pré Operação abrange a análise e elaboração da programação de desligamentos e atualização da base de dados do sistema supervisor. O Tempo Real abrange a supervisão e controle do sistema elétrico e atua na execução de serviços programados e normalização do sistema no caso de contingências. A Pós Operação elabora relatórios inerentes à operação e analisa as condições pós operativas e pontos deficientes do sistema. O Planejamento da Operação suporta os processos de operação do sistema elétrico, participando das atividades de validação de softwares e coordenação da normatização da operação, além de participar e acompanhar o processo de controle das não conformidades (CPFL ENERGIA, 2008).

As atividades do Tempo Real para a normalização do sistema elétrico no caso de contingências, exige conhecimento dos operadores do COD quanto às peculiaridades das redes de distribuição, precisão na avaliação do contexto em que ocorrem e rapidez na tomada de decisões, afim de minimizar seu efeito nos indicadores de qualidade e continuidade, além da segurança no serviço. A abrangência e complexidade dos sistemas empregados podem levar os operadores aos seus limites cognitivos, e conseqüentemente, a uma ação errada ou não esperada diante de uma contingência (VIEIRA et al., 2015).

O Brasil possui níveis de interrupção do fornecimento de energia elevados e as distribuidoras não têm conseguido se enquadrar nos limites estabelecidos pela autoridade reguladora. A Figura 2 apresenta a evolução do indicador de continuidade relacionado à duração das interrupções. Percebe-se a disparidade entre as metas definidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e o resultado das distribuidoras, apesar da evolução em 2016. Isto pode ocorrer em função do mecanismo atual de incentivo à qualidade do produto e serviço de energia, o chamado fator X – utilizado no processo de revisão tarifária, que pode não estar conseguindo representar adequadamente a relação entre os investimentos em operação e manutenção, aquisição de bens de capital, máquinas e equipamentos, e o nível de qualidade de energia elétrica esperado (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO RIO DE JANEIRO, 2016).

Figura 2 – Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) - Brasil.



Fonte: elaboração própria a partir de dados públicos.

Mas é importante considerar que por um lado os consumidores pretendem pagar o mínimo possível pela melhoria de qualidade, por outro as concessionárias pretendem criar margem de lucro, restringindo os investimentos em qualidade e os serviços de manutenção (CYRILLO, 2011).

Neste cenário, mostra-se oportuno o aperfeiçoamento dos procedimentos de trabalho, a qualificação dos recursos humanos e o uso racional dos recursos materiais existentes, para a operação e a manutenção das redes de distribuição, sem perder de vista a correta priorização dos investimentos em modernização da rede.

1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

As distribuidoras de energia precisam ter elementos para avaliar se as decisões tomadas pelos operadores do COD diante de contingências como tempestades, raios, quedas de árvore, acidentes de trânsito com danos à rede, ou falhas de equipamentos, são as que trazem os melhores resultados ao funcionamento dos sistemas de distribuição. Estas decisões não são triviais, envolvem objetivos conflitantes e variam em função da configuração e do estado de carregamento da Rede de Distribuição (RD) no momento da contingência.

A identificação de decisões sub-ótimas e do contexto em que elas ocorrem gera oportunidades de melhoria como a alteração dos procedimentos da distribuidora, com a inclusão de novos critérios de decisão, ou mesmo a exclusão daqueles que se mostrem inadequados. A individualização dos resultados torna possível identificar os operadores mais eficazes, que podem ser escalados para o trabalho em equipes diferentes, afim de multiplicar as melhores práticas ou treinar novos colaboradores. Também fornece subsídios para que as lideranças possam decidir sobre a pertinência, abrangência e o conteúdo de treinamentos e reciclagens profissionais.

O tema deste estudo é o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação das decisões tomadas pelos operadores de distribuição – viabilizada pela identificação de uma boa sequência de manobras, com suporte de inteligência artificial, e comparação com a sequência de manobras real executada pelos operadores do COD, de acordo com os critérios considerados relevantes pela distribuidora. Limita-se à comparação das alternativas de solução do problema tomadas pelos operadores em relação àquelas que proporcionariam os melhores resultados, sem contudo analisar as razões objetivas ou subjetivas que levam os operadores do COD a tomarem suas decisões. Trata-se portanto de avaliar o resultado do trabalho do operador e não necessariamente sua responsabilidade por ele.

1.3 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento deste trabalho envolve diversas áreas de conhecimento da engenharia elétrica, como circuitos elétricos, materiais e equipamentos elétricos, qualidade e eficiência energética, sistemas de distribuição, regulação do setor elétrico, otimização não linear, avaliação multicritério de alternativas e programação, dentre outras.

A maioria dos trabalhos sobre a reconfiguração de redes de distribuição, alicerce principal deste trabalho para a avaliação dos operadores de distribuição, está na obtenção de um novo estado de suas chaves para o restabelecimento do maior número de consumidores no menor espaço de tempo, dentre outros critérios

considerados relevantes. A metodologia proposta difere dos trabalhos existentes ao propor a investigação da sequência de atuação e não o estado final das chaves de proteção e manobra da rede.

A conclusão deste trabalho pode ser útil ao interesse das distribuidoras de energia elétrica, e seus resultados possuem potencial para desdobrar-se em novos trabalhos envolvendo as redes de distribuição e que demandem a modelagem e otimização por inteligência artificial.

1.4 HIPÓTESE

É viável avaliar o desempenho dos operadores de redes de distribuição em sua tarefa de restabelecer a RD após uma contingência, com base na otimização da sequência de atuação das chaves de proteção e manobras, com o uso de técnicas de inteligência artificial, e conforme os critérios relevantes para a distribuidora.

1.5 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma metodologia de identificação da sequência de manobras para o restabelecimento de uma rede de distribuição radial que proporcione os menores impactos, conforme os critérios usuais à rotina de operação das redes de distribuição, para servir de referência (*benchmarking*) à decisão real tomada pelos operadores de rede.

1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- a) identificar os principais fatores que influenciam o funcionamento das redes de distribuição radiais como: impedância e comprimento de condutores, tipos e funcionamento das chaves de manobra ou proteção, limites de qualidade, dentre outros;
- b) modelar uma rede de distribuição real conforme os principais fatores que influenciam o seu funcionamento, e por grafos para facilitar a aplicação de métodos computacionais conhecidos;
- c) reconhecer os critérios considerados pelas concessionárias de distribuição de energia para o restabelecimento das redes após uma contingência;
- d) criar um modelo multicritério de apoio à decisão com base nos aspectos considerados pelas concessionárias de distribuição, possibilitando a

personalização dos valores que gerarão as taxas de substituição entre os critérios;

- e) desenvolver uma metodologia de otimização meta-heurística da sequência de manobras para o restabelecimento da rede do item b, em conformidade com a avaliação multicritério;
- f) implementar um protótipo computacional capaz de realizar a otimização multicritério conforme a metodologia desenvolvida.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. Este primeiro capítulo apresentou uma contextualização do trabalho dos operadores de redes de distribuição de energia e das interrupções de fornecimento no Brasil, bem como a apresentação da definição do problema de pesquisa, sua justificativa, a hipótese considerada, os objetivos geral e específicos para a realização do trabalho.

No capítulo 2 são apresentados alguns conceitos relacionados às atividades da pesquisa, bem como a fundamentação teórica para o desenvolvimento do trabalho.

O capítulo 3 descreve a metodologia desenvolvida para a avaliação de operadores de redes de distribuição, a partir da modelagem da rede de distribuição, a criação de um modelo de avaliação multicritério e a construção de um algoritmo de otimização por técnicas de inteligência artificial.

O capítulo 4 apresenta os resultados da aplicação do modelo de avaliação de operadores do COD em uma contingência ocorrida em um alimentador primário de uma rede de distribuição real.

Finalmente, as considerações finais e recomendações para futuros trabalhos são expostas no capítulo 5.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

Os sistemas de energia elétrica podem ser divididos em geração, transmissão e distribuição. Eles operam sob diferentes tensões, elevadas ou reduzidas ao longo do sistema, de acordo com a adequação aos equipamentos de geração, às necessidades advindas do transporte de energia em longas distâncias ou à segurança e utilidade ao consumidor.

O sistema de distribuição de energia opera no Brasil em três níveis de tensão eficaz entre fases (ANEEL, 2016):

- a) Alta Tensão de Distribuição (AT): igual ou superior a 69 kV e inferior a 230 kV (com exceções definidas pela ANEEL);
- b) Média Tensão de Distribuição (MT): superior a 1 kV e inferior a 69 kV; e
- c) Baixa Tensão de Distribuição (BT): igual ou inferior a 1 kV.

Sua função é receber a energia da rede básica (sistema de transmissão) e rebaixá-la na Subestação de Distribuição (SE) aos níveis de tensão de utilização enquanto a conduz ao ponto de consumo. As tensões iguais ou superiores a 69 kV são empregadas nas chamadas linhas de subtransmissão, responsáveis pela parte inicial do sistema de distribuição, conectando as linhas de transmissão às subestações de distribuição.

Uma SE possui um conjunto de instalações elétricas em média e alta tensão que agrupa os equipamentos, condutores e acessórios, destinados à proteção, medição, manobra e transformação de grandezas elétricas (ANEEL, 2016), e fica localizada, em geral, a poucos quilômetros do ponto de consumo, para adiar ao máximo a redução da tensão, reduzindo as perdas técnicas.

A RD engloba uma ou mais SEs e suas linhas de distribuição de energia. Cada linha de distribuição da rede (alimentador) possui um conjunto de estruturas, utilidades, condutores e equipamentos elétricos, aéreos ou subterrâneos, operando em BT ou MT (ANEEL, 2016). Os consumidores das RDs podem ser atendidos em dois níveis de tensão usualmente referidos por:

- a) rede primária: fornecimento em MT, mais adequado ao consumo de edifícios, comércio e indústria;
- b) rede secundária: fornecimento em BT, adequado ao consumo residencial, comercial e industrial de pequeno porte.

A rede primária é o objeto deste trabalho pois é onde os dispositivos de proteção e manobra do alimentador estão instalados.

2.1.1 Elementos da Rede Primária de Distribuição

Short (2004) fornece informações detalhadas sobre os sistemas de distribuição, suas principais configurações e o funcionamento de seus elementos.

O alimentador é um circuito externo à subestação. O alimentador principal – ou tronco – é a espinha dorsal trifásica do circuito, usualmente projetada para um limite operacional de 400 A, podendo ultrapassá-lo em situações emergenciais. Os ramais são circuitos de distribuição monofásicos, bifásicos ou trifásicos separados do tronco por chaves fusíveis normalmente fechadas (NF) (SHORT, 2004).

Os equipamentos de proteção e chaveamento influenciam diretamente os índices de continuidade dos alimentadores das RDs. Os equipamentos de proteção têm a função de isolar o trecho com defeito para não afetar os outros blocos de carga, sendo os principais (TENFEN, 2011):

- a) chave fusível: na presença de uma falha do tipo curto-circuito, o seu elo fusível é rompido, interrompendo o fornecimento de corrente para os circuitos a jusante;
- b) religador automático: tem a função de seccionar os trechos a jusante do mesmo em caso de falha permanente ou temporária. Ele geralmente é ajustado para seccionar e religar até quatro vezes, em um período curto, antes de permanecer na posição aberto, assim diminuindo o impacto de falhas temporárias;
- c) chave automática (ou telecomandada): são seccionadoras que podem fazer sua abertura ou fechamento via comunicação remota, isolando faltas a jusante e a montante rapidamente.

A chave manual é um dispositivo de seccionamento ou transferência desprovido de automatização, acionado manualmente. Elas podem ser do tipo NF (seccionadoras) ou Normalmente Aberta (NA) (de transferência) dependendo de sua função na estratégia de operação da rede de distribuição.

Os bancos de capacitores são utilizados para reduzir a corrente reativa nos ramais de distribuição, conseqüentemente melhorando o perfil de tensão e reduzindo as perdas elétricas (ARANHA NETO, 2012). Os reguladores de tensão são responsáveis em geral por manter a tensão a jusante em níveis aceitáveis.

Tanto os bancos de capacitores quanto os reguladores de tensão fixos têm sua função prejudicada pela mudança de configuração da rede, seja pela alteração do

carregamento reativo da rede em seu ponto de instalação no caso dos capacitores, quanto pela reversão do fluxo de energia no caso dos reguladores (SPERANDIO, 2008). Quando envolvidos na estratégia de restabelecimento da rede, estes dispositivos podem demandar o desligamento, neutralização ou a instalação de condutores de *by-pass*.

2.1.2 Qualidade de Energia Elétrica

O módulo 8 do Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) (ANEEL, 2017a) estabelece os procedimentos relativos à qualidade do produto e serviço de energia elétrica para todos os sistemas de distribuição do país. Para a qualidade do produto são tratados: os limites ou valores de referência para a tensão em regime permanente, fator de potência, harmônicos, desequilíbrio de tensão, flutuação de tensão e variação de frequência; a metodologia de medição e a gestão das reclamações relativas à conformidade de tensão em regime permanente e às perturbações na forma de onda de tensão. Já para a qualidade do fornecimento de energia elétrica é tratada a apuração dos indicadores de continuidade e dos tempos de atendimento a ocorrências emergenciais.

Quando os limites definidos pela ANEEL de alguns parâmetros de qualidade de energia elétrica são ultrapassados, podem gerar compensação aos consumidores e conseqüentemente prejuízo à concessionária de energia elétrica. Estes parâmetros, que merecem atenção especial na operação das redes de distribuição são a Duração Relativa da Transgressão para Tensão Precária (DRP), a Duração Relativa da Transgressão para Tensão Crítica (DRC), a Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão (DIC), a Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão (FIC), a Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão (DMIC) e a Duração de Interrupção Individual Ocorrida em Dia Crítico por Unidade Consumidora (DICRI). São consideradas interrupções de fornecimento as tensões iguais ou inferiores a 70 %. Para os índices DIC, FIC, DMIC e DICRI, são válidas as interrupções de fornecimento de longa duração, ou seja, com duração superior a três minutos.

A concessionária de energia responde ainda por perdas e danos causados pelo serviço inadequado de energia elétrica, além de sofrer conseqüências também no processo de revisão tarifária anual, como na composição da componente Q do fator X, que envolve a Frequência Equivalente de Reclamação (FER) dos consumidores, o Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor (IASC), o Indicador de Nível de Serviço do Atendimento Telefônico (INS), o Indicador de Abandono do Atendimento Telefônico (IAb), o Indicador de Chamadas Ocupadas do Atendimento Telefônico (ICO), a Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) e a Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC) (ANEEL, 2017b).

2.1.3 Perdas Elétricas

As perdas elétricas podem ser classificadas em perdas técnicas - intrinsecamente ligadas à geração e ao transporte de energia elétrica pelas redes de transmissão e distribuição - e perdas não técnicas ou comerciais - associadas a fraudes, furtos e erros de leitura e medição (ANEEL, 2017c). As perdas técnicas, de interesse deste trabalho, ocorrem devido ao efeito joule nos condutores elétricos e são inerentes ao fornecimento de energia elétrica. Apesar da evolução tecnológica recente dos cabos supercondutores (NEXANS, 2012), que poderá criar um novo paradigma para a distribuição de energia, as perdas nunca serão eliminadas completamente (WILLIS, 2004).

Linhas de distribuição possuem impedâncias cujos valores são necessários para o cálculo da queda de tensão, fluxo de potência, curto-circuito e perdas elétricas.

A resistência dos condutores, parte ativa mais significativa da impedância das redes de distribuição, é dependente da condutividade do material, da área da seção transversal, da temperatura e da frequência. Sob temperaturas mais elevadas os condutores possuem maior resistência à passagem de corrente. Para uma ampla faixa de temperaturas, tanto para o cobre quanto para o alumínio, esta variação é praticamente linear (SHORT, 2004).

A parte reativa da impedância das linhas aéreas de distribuição é predominante nos cabos de maior porte; igual à parte resistiva nos cabos 2/0; e inferiores nos cabos abaixo de 4/0. Frequências maiores aumentam os campos magnéticos internos dificultando a passagem de corrente no centro dos condutores, à medida que estes campos se opõem aos demais campos magnéticos do seu entorno, gerando o efeito pelicular, o qual reduz a área de circulação de corrente do condutor. Este efeito não é significativo para as frequências de distribuição de energia na maioria dos condutores, com exceção do Cabo de Alumínio com Alma de Aço (CAA). Mas a indutância das linhas de distribuição aéreas é mais influenciada pela separação entre os condutores do que a sua área de seção transversal, o seu material ou o tipo de encordoamento (SHORT, 2004).

Conforme Aranha Neto, Sperandio e Coelho (2007) as perdas elétricas representam uma parcela considerável na matriz de custos dos sistemas de distribuição, razão pela qual sempre tiveram destaque nos estudos de planejamento. As concessionárias atuam para a melhoria da eficiência da operação do sistema, reduzindo as perdas técnicas, no intuito de reduzir os custos e aumentar a produtividade e o lucro.

A redução do nível de perdas técnicas em sistemas de distribuição pode ser atingida através da reconfiguração do sistema, da compensação de potência reativa por meio de bancos de capacitores paralelos, da instalação de reguladores de tensão,

da troca de bitola dos condutores, da redução da quantidade de transformadores de distribuição sobrecarregados ou da implantação de novos alimentadores (ARANHA NETO, 2012).

2.1.4 Fluxo de Carga em Sistemas de Distribuição

O cálculo do fluxo de carga (também chamado fluxo de potência) tem por objetivo a obtenção do nível de carregamento, os estados de tensão e corrente em regime permanente, e as perdas elétricas de um sistema de energia. A cada variação nos valores de demanda ou da estrutura da rede, faz-se necessária uma nova solução do fluxo de carga (ARANHA NETO, 2012).

Carvalho (2006) apresenta um histórico do desenvolvimento dos métodos numéricos de cálculo do fluxo de carga das redes de distribuição radiais desde suas origens até o início dos anos 2000. Os dois métodos mais utilizados são o Método da Soma das Correntes (MSC) e o Método da Soma das Potências (MSP). Ambos são métodos de varredura baseados em um equivalente elétrico e na eliminação dos ângulos de fase de tensão nas equações a serem solucionadas, e têm por objetivo a obtenção do nível de carregamento, os estados de tensão e corrente em regime permanente, e as perdas técnicas de um sistema de energia (ARANHA NETO, 2012).

O MSP tal como proposto por Céspedes (1990) é um método iterativo simples e capaz de solucionar o fluxo de potência de sistemas trifásicos equilibrados ou desequilibrados e para os três tipos de carga: potência constante, corrente constante ou impedância constante. Sua formulação básica envolve as Equações 1 a 5 aplicadas ao modelo da Figura 3.

$$V_R^4 + [2(P.R + Q.X) - V_S^2].V_R^2 + (P^2 + Q^2).(R^2 + X^2) = 0 \quad (1)$$

$$P = P_0.V_{R(pu)}^K \quad (2)$$

$$Q = Q_0.V_{R(pu)}^K \quad (3)$$

$$L_P = R.(P^2 + Q^2) / V_R^2 \quad (4)$$

$$L_Q = X.(P^2 + Q^2) / V_R^2 \quad (5)$$

onde:

V_R é a tensão (V) do trecho da RD no lado da carga;

V_S é a tensão (V) do trecho no lado do alimentador;

P é a potência ativa (W) da carga;

Q é a potência reativa (var) da carga;

R é a resistência elétrica (Ω) do trecho;

X é a reatância indutiva (Ω) do trecho;

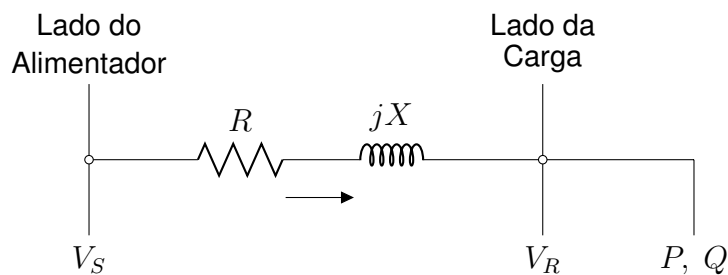
P_0 e Q_0 são as potências ativa e reativa a 1,0 Por Unidade (pu);

$k = 0$ (potência constante), 1 (corrente constante) ou 2 (impedância constante);

L_P é a perda elétrica ativa (W);

L_Q é a perda elétrica reativa (var).

Figura 3 – Equivalente elétrico de um trecho de rede segundo o Método da Soma das Potências (MSP)



Fonte: adaptado de Céspedes (1990).

No caso dos sistemas trifásicos desequilibrados o método utiliza uma matriz 3x3 para representação de cada dimensão, mais ou menos esparsa dependendo do número de fases presentes. Céspedes (1990) recomenda a inicialização da tensão de todos os nós igual à tensão do alimentador, em contraposição à utilização de 1 pu. Em caso de repetição do cálculo sob pequenas variações dos dados de entrada, é preferível a inicialização dos nós com os valores de tensão previamente calculados.

Novas propostas têm sido feitas ao longo dos anos com o objetivo de acelerar a velocidade de processamento dos cálculos, reduzir a utilização de memória RAM e aumentar sua confiabilidade, sem perder de vista sua versatilidade e simplicidade (RAMANA; GANESH; SIVANAGARAJU, 2013).

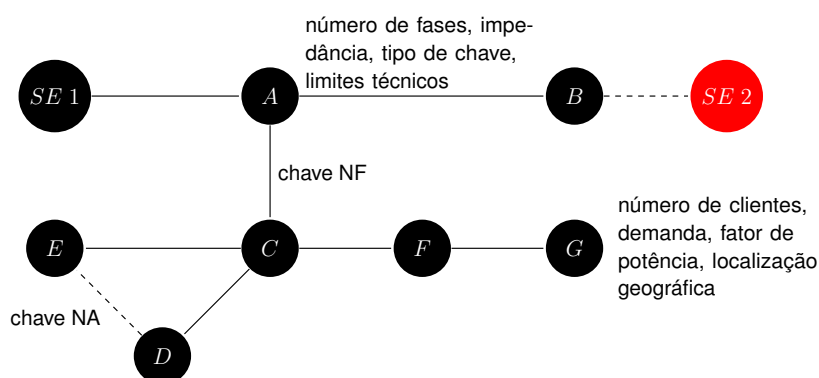
2.1.5 Representação por Grafos

A representação por grafos é utilizada para simplificar a compreensão de problemas que envolvem a conexão entre elementos. Estes elementos geralmente possuem atributos associados como parte da especificação do problema. Os grafos podem ser dirigidos, como na representação de um percurso rodoviário em que as vias utilizadas possuem um sentido de direção, ou não dirigidos, como na representação de uma rede de transmissão de energia em que a circulação de corrente pode ser bidirecional.

O modelo de grafo é conveniente para representar as funções e relações entre os elementos de uma rede de distribuição de energia. Os nós (vértices) representam as subestações e os blocos de carga, que são conectados por arcos (arestas) que representam os condutores ou elementos de manobra da rede (CAVELLUCCI, 1989).

A Figura 4 apresenta um exemplo de representação por grafo de uma rede de distribuição; as chaves NF são representadas por linhas contínuas (como em \overline{AC}) e as chaves NA por linhas tracejadas (como em \overline{DE}); vários parâmetros estão associados a cada nó (como indicado em G) e a cada arco (como em \overline{AB}) do grafo.

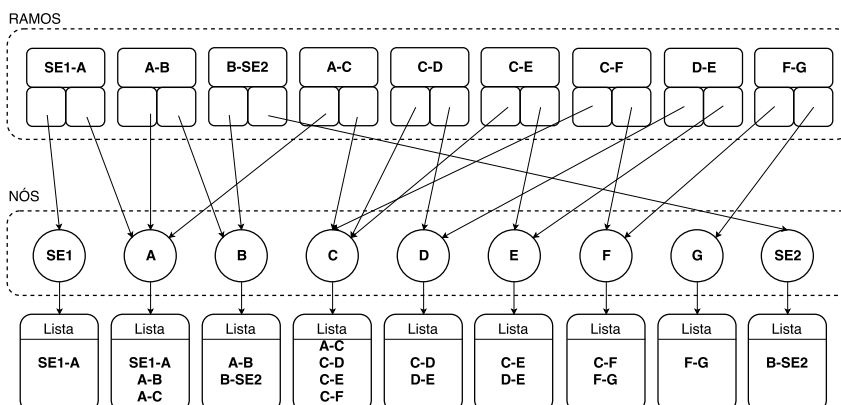
Figura 4 – Exemplo da representação por grafos de uma rede de distribuição.



Fonte: elaboração própria.

Os grafos são utilizados computacionalmente na forma de uma coleção de listas de adjacências, mais compactas para os grafos esparsos, ou como uma matriz de adjacências, preferível para os grafos densos, em que o número de arestas é próximo do quadrado do número de vértices (CORMEN et al., 2012). As redes de distribuição, por sua característica de radialidade, apresentam grafos esparsos, e são representadas por listas de adjacências, como as apresentadas pela Figura 5, equivalentes à rede de distribuição da Figura 4.

Figura 5 – Exemplo de listas de adjacências.



Fonte: adaptado de Goodrich e Tamassia (2001).

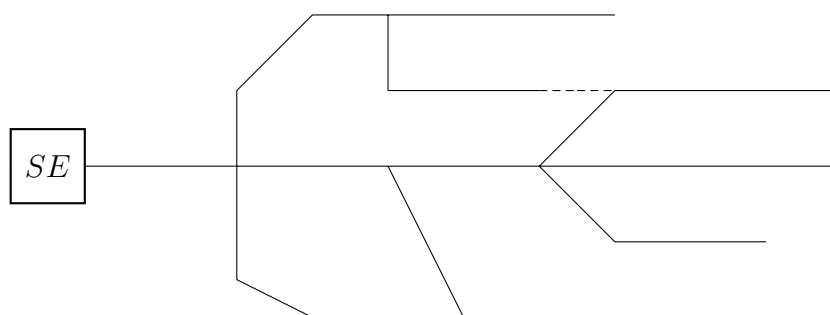
Os ramos (arestas) guardam a informação dos nós (vértices) que conectam, ao passo que os nós possuem uma lista de possíveis caminhos (ramos) a seguir. Esta configuração facilita a maioria dos algoritmos de busca (GOODRICH; TAMASSIA, 2001).

Cormen et al. (2012) apresentam vários algoritmos de busca em grafos, desde os mais elementares como a busca em largura e a busca em profundidade até os mais especializados como as árvores geradoras mínimas, os caminhos mínimos de fonte única, os caminhos mínimos entre todos os pares, e o de fluxo máximo. Delbem, Carvalho e Bretas (2005) lembram a importância de uma representação em grafos adequada da árvore da rede de distribuição para o sucesso na utilização de modelos baseados em algoritmos genéticos (AGs) e propõem seu método de representação.

2.2 RECONFIGURAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

As RDs possuem normalmente linhas de distribuição de topologia radial, com um único caminho entre a SE e qualquer ponto de consumo, como apresentado pela Figura 6, onde a linha tracejada representa uma ligação por chave Normalmente Aberta (NA). Esta característica visa facilitar o controle de tensão e a predição dos fluxos de potência, reduzir a amplitude e a propagação de curtos-circuitos, e conseqüentemente, o porte, a complexidade e o custo dos sistemas de proteção empregados (SHORT, 2004). No entanto, em caso de falha em algum ponto da linha, todos os consumidores a jusante do defeito sofrerão interrupção de fornecimento.

Figura 6 – Exemplo de uma rede de distribuição de topologia radial.



Fonte: elaboração própria.

Para uma maior confiabilidade do sistema, as redes primárias radiais podem ser providas de chaves NA conectadas a redes primárias vizinhas ou entre os ramais. Em caso de falha na rede, as chaves NF e NA são manobradas – têm seu estado alterado em sequência – de forma a permitir o socorro de parte ou a totalidade das cargas. Quando as chaves são automatizadas elas podem atuar automaticamente em caso de falha. Além disso, algumas redes de alta disponibilidade são projetadas

em anel aberto para que estas chaves automatizadas causem o fechamento entre dois ou mais alimentadores em caso de falha, mantendo o suprimento de energia aos consumidores, ainda que geralmente por um curto período de tempo (SHORT, 2004).

A maioria dos sistemas de manobra é operada manualmente, o que implica em equipes de manutenção percorrendo o alimentador em busca do local onde ocorreu a falha. Identificado o problema, comunicam-se verbalmente com o centro de operação e controle da SE para coordenação das ações em campo necessárias, como a abertura e fechamento das chaves. Desta forma a falha pode ser isolada, e parte ou a totalidade dos consumidores podem ser atendidos pelo alimentador ou por meio de transferência de carga entre alimentadores com capacidade de reserva, enquanto o reparo é executado (SPERANDIO, 2008).

A alocação das chaves de manobra é definida na fase de projeto da RD e passa por um problema de otimização combinatória não linear, inteira e não-diferenciável, o que dificulta a aplicação das técnicas de otimização clássica. A grande maioria dos autores de trabalhos sobre a alocação de chaves de manobra prefere usar o AG para encontrar uma solução satisfatória (SPERANDIO, 2008).

O conjunto de manobras realizadas com o intuito de restabelecer o suprimento de energia ao maior número de consumidores possível na ocorrência de uma falha é referido por reconfiguração de rede. A reconfiguração de rede é resolvida através de uma otimização multiobjetivo que enfrenta os mesmos desafios do problema de alocação das chaves de manobra. A prática cotidiana da operação de redes de distribuição, no entanto, é influenciada pela qualidade técnica da distribuição das chaves NA e NF ao longo da RD e das escolhas tomadas pelos operadores do COD, com base nos procedimentos de restabelecimento da concessionária de energia.

2.2.1 Procedimentos de restabelecimento de redes de distribuição

O Centro de Operação da Distribuição (COD) é a área responsável pela supervisão, coordenação, orientação e comando das atividades operativas realizadas no sistema elétrico de distribuição de energia pertencente a cada concessionária de distribuição. Toda ação na RD deve ser comunicada ao COD e somente pode ser executada após sua aprovação e sob sua supervisão, visando a segurança de todas as equipes que intervêm simultaneamente na rede de distribuição (CPFL ENERGIA, 2008).

As distribuidoras possuem manuais e procedimentos próprios para a utilização pelo COD e pelas equipes de eletricitistas. Estes tratam principalmente das responsabilidades, procedimentos operacionais, registro de eventos, controle de não conformidades, funcionalidade de equipamentos e sistemas dedicados, e da segurança do trabalho (CPFL ENERGIA, 2008).

2.2.1.1 Localização de defeito e restabelecimento de redes de distribuição de energia

A Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) possui, dentre outros relacionados, um procedimento específico para a localização e restabelecimento de redes de distribuição de energia (CPFL ENERGIA, 2014) a ser seguido pelos CODs e pelas equipes de campo.

De maneira geral, na ocorrência de interrupções, logo após a confirmação (chaves telecomandadas) ou suspeita, o COD solicita o número de equipes em campo de acordo com o impacto do evento, em função dos critérios apresentados pela Figura 7. Os dados contidos nas reclamações dos clientes, proveniente do Call Center, devem ser avaliados atentamente, pois podem conter informações importantes sobre o defeito e sua localização.

Figura 7 – Critérios para determinação do impacto de uma contingência.



Fonte: elaboração própria a partir de CPFL Energia (2014).

As equipes de campo percorrem o alimentador realizando inspeção visual em busca do defeito e suas consequências. O primeiro defeito encontrado é considerado inicialmente a causa do desligamento, e no caso do desligamento de dois ou mais dispositivos de proteção simultaneamente, considera-se que o defeito encontra-se após o mais distante da fonte. O COD coordena as manobras para isolar o trecho com defeito e sinalizar as chaves que não podem ser operadas enquanto o defeito não for sanado.

Se a topologia permitir e se a previsão de tempo para correção do defeito fornecida pela equipe de campo, for maior que o tempo necessário para as manobras de transferência, o restante da rede deverá ser restabelecido.

Religadores e disjuntores devem ter o religamento automático bloqueado antes da tentativa de energização da rede. Quando o restabelecimento envolver ou-

tra fonte, o alimentador que estiver assumindo a carga transferida deve ter seu carregamento monitorado através do software *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) ou na própria SE.

2.3 AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DE ALTERNATIVAS

A construção de um modelo multicritério de avaliação de alternativas deve considerar que as decisões raramente são tomadas por um único indivíduo, e visam decidir entre alternativas viáveis segundo os interesses relevantes e diversos dos indivíduos e grupos de influência participantes do processo. Ela passa pela definição de uma família de pontos de vista (ou critérios) considerados fundamentais pelos decisores, e que devem obedecer a algumas propriedades: (ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001)

- a) essencial: de fundamental importância segundo os valores do decisor;
- b) controlável: representa um aspecto que seja influenciado apenas pelas ações potenciais em questão;
- c) completo: deve incluir todos os aspectos fundamentais;
- d) mensurável: o critério permite especificar a performance das ações potenciais com a menor ambiguidade possível;
- e) operacional: as informações requeridas podem ser coletadas dentro do tempo disponível e com um esforço viável;
- f) isolável: o critério permite a análise de um aspecto fundamental de forma independente com relação aos demais aspectos do conjunto;
- g) não-redundante: o conjunto de critérios não deve levar em conta o mesmo aspecto mais de uma vez;
- h) conciso: o número de aspectos deve ser o mínimo necessário;
- i) compreensível: o critério deve ter seu significado claro para os decisores.

A partir da definição da família de critérios do modelo, são definidos descritores – ou atributos – para auxiliar na compreensão do que os decisores estão considerando, e permitir a mensuração do desempenho de ações em um critério, de forma a viabilizar a construção de um modelo global de avaliação. A cada descritor é associada uma função de valor que proverá as informações relativas às diferenças de atratividade entre os níveis do descritor (ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001).

Para que seja possível a agregação das performances avaliadas para cada critério em uma única avaliação global, é necessário definir taxas de substituição

entre eles. Estas taxas de substituição (ou *trade-offs*) expressam o quanto a perda de performance em um critério pode ser compensada pelo ganho em outro. Um dos métodos utilizados para definição dos *trade-offs* é o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001; MARINS; SOUZA; BARROS, 2009).

Assim, uma função aditiva global pode ser obtida, a partir do somatório das funções de valor individuais de cada critério, ponderadas pelos seus *trade-offs*, para representar o valor de uma alternativa segundo o modelo de avaliação multicritério construído (ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001).

Ensslin, Montibeller Neto e Noronha (2001) apresentam detalhadamente as metodologias utilizadas para a estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas. Sica et al. (2006) apresentam a modelagem multicritério aplicada à alocação de chaves de manobras em redes de distribuição. Chen (2010) apresenta um modelo de decisão multicritério para seleção em tempo real nos CODs entre alternativas conhecidas de reconfiguração de redes.

2.4 OTIMIZAÇÃO PARA RECONFIGURAÇÃO DE REDES

Os métodos de otimização são baseados em técnicas que visam a minimização (ou maximização) de uma ou mais funções objetivo sujeitas a um conjunto de restrições, e requerem uma definição do problema, a aplicação de alguma técnica de resolução e uma análise de sensibilidade da solução (KAGAN et al., 2009).

Sua formulação para o problema da reconfiguração de rede pode ser definida de forma genérica como as Equações 6 e 7.

$$\text{Minimizar } f(x, u) = (f_1(x, u), f_2(x, u) \dots f_n(x, u))' \quad (6)$$

$$\text{Sujeito a } g_1(x, u) \leq 0, \dots, g_m(x, u) \leq 0, \quad (7)$$

onde: n é o número de funções objetivo, u é o estado das chaves, g_i é uma função de restrição e f é uma função conhecida como função multiobjetivo. O conjunto viável do problema pode ser definido como $X = \{x | g_i(x, u) \leq 0, i = 1, \dots, m\}$.

Uma solução é considerada eficiente se não existe outro ponto viável tal que os valores das funções objetivo avaliadas nele sejam menores ou iguais, sendo estritamente menor em, pelo menos, uma das funções (SAMPAIO, 2011).

As técnicas utilizadas para o tratamento do Problema de Otimização Multiobjetivo (POM) podem ser baseadas em (KAGAN et al., 2009):

- a) métodos de otimização clássicos: programação linear, programação inteira, programação inteira mista, programação não linear, algoritmos de transporte, programação dinâmica etc.;
- b) modelos híbridos: que utilizam métodos de otimização clássicos em conjunto com métodos heurísticos e;
- c) inteligência artificial.

A utilização adequada de heurísticas em modelos híbridos permitem que vários aspectos do problema sejam modelados simultaneamente e oferecem um certo grau de precisão na solução do problema, assegurando a convergência e tempos de processamento aceitáveis, mas com a desvantagem de que não se pode garantir que a solução "ótima" seja encontrada (KAGAN et al., 2009).

Quando a dimensionalidade do problema é muito grande, como no caso da reconfiguração de redes, as técnicas de Inteligência Artificial (IA) são as mais utilizadas (58,7 %) pelos autores de artigos científicos da área, seguidas dos modelos híbridos (34,8 %). Os métodos de otimização clássicos representam apenas 6,5 % pois requerem um grande número de cálculos e apresentam o risco de explosão combinatória - quando um pequeno incremento na quantidade de dados/informações implica em um grande aumento de possibilidades e do tempo de processamento do algoritmo (KAGAN et al., 2009; TORRES et al., 2016). Romero et al. (2016) propõem no entanto, que os métodos baseados em programação matemática podem voltar a ser utilizados para a reconfiguração de redes, e apresenta uma formulação não linear para este fim, que inclui a priorização entre as funções objetivo utilizadas.

A computação evolutiva é um conjunto de técnicas de IA e procedimentos genéricos e adaptáveis, para os quais outras técnicas conhecidas são ineficazes ou nem sequer são aplicáveis. Historicamente, três algoritmos para computação evolutiva foram desenvolvidos independentemente: os algoritmos genéticos, a programação evolutiva e as estratégias evolutivas (KAGAN et al., 2009).

Torres et al. (2016) apresentam um resumo dos principais trabalhos de reconfiguração de redes de distribuição apontando aqueles que consideram as manobras de chaves, os limites dos geradores, o número de clientes afetados, índices de fornecimento, níveis de harmônicos, dentre outros pontos.

A proposta de gerar uma boa referência de reconfiguração de redes para a avaliação da sequência de manobras dos operadores do COD desenvolvida por Rese (2017), precede à deste trabalho, que compartilha a mesma inspiração. Rese (2017) adota, no entanto, uma abordagem baseada em um algoritmo genético multiobjetivo NSGA-II, acelerado por um algoritmo da árvore geradora mínima de Prim, tendo como resultado o estado ideal das chaves de manobra e proteção da rede durante a manu-

tenção do defeito. Difere da presente abordagem, que utiliza um algoritmo genético mono-objetivo com tamanho de cromossomo variável e refinamento progressivo do domínio do problema, e cujo objetivo é a obtenção da sequência de manobras ideal para o restabelecimento da rede.

2.4.1 Algoritmos genéticos

Segundo Linden (2012) os AGs são técnicas heurísticas de otimização global baseadas numa metáfora do processo biológico de evolução natural, mas não buscam a solução ótima e sim melhores soluções a cada execução, e que

Nos algoritmos genéticos populações de indivíduos são criadas e submetidas aos operadores genéticos: seleção, recombinação (crossover) e mutação. Estes operadores utilizam uma caracterização da qualidade de cada indivíduo como solução do problema em questão chamada de **avaliação** e vão gerar um processo de evolução natural destes indivíduos, que eventualmente deverá gerar um indivíduo que caracterizará uma boa solução (talvez até a melhor possível) para o nosso problema.

O AG é um algoritmo genérico e como tal pode ser utilizado para vários propósitos distintos com poucas adaptações, mas deve ser utilizado apenas quando os algoritmos exatos forem extraordinariamente lentos ou incapazes de obter uma solução, como no caso do problema de reconfiguração de redes de distribuição, que é NP-completo (LINDEN, 2012; KLEINBERG; MIU; CHIANG, 2009).

Para os algoritmos determinísticos, como o método de Newton-Raphson dentre outros, é comum a existência de prova formal para a convergência até os resultados ótimos, após um certo número de iterações. No entanto, devido à natureza probabilística dos AGs, isto é muito mais difícil, pois seu comportamento entre iterações é imprevisível. O Teorema dos Esquemas enunciado por John Holland nos anos 70 é útil para a compreensão dos mecanismos por trás dos AGs (LINDEN, 2012).

Linden (2012) apresenta em detalhes os conceitos relacionados aos algoritmos genéticos, o teorema dos esquemas e os principais cuidados que se deve ter para a construção de um algoritmo genético eficaz, em cada uma de suas etapas. Descreve ainda os operadores genéticos mais utilizados e suas variações.

Wolpert e Macready (1997) alertam para a necessidade de incorporação de conhecimento específico do problema para melhoria dos resultados dos algoritmos de busca combinatória. Demonstram ainda que o ganho em performance numa classe de problemas implica, necessariamente, na perda em outras, e sugerem cautela na aceitação dos resultados obtidos a partir de uma amostra pequena (frente ao universo dos problemas) como válidos para outros problemas.

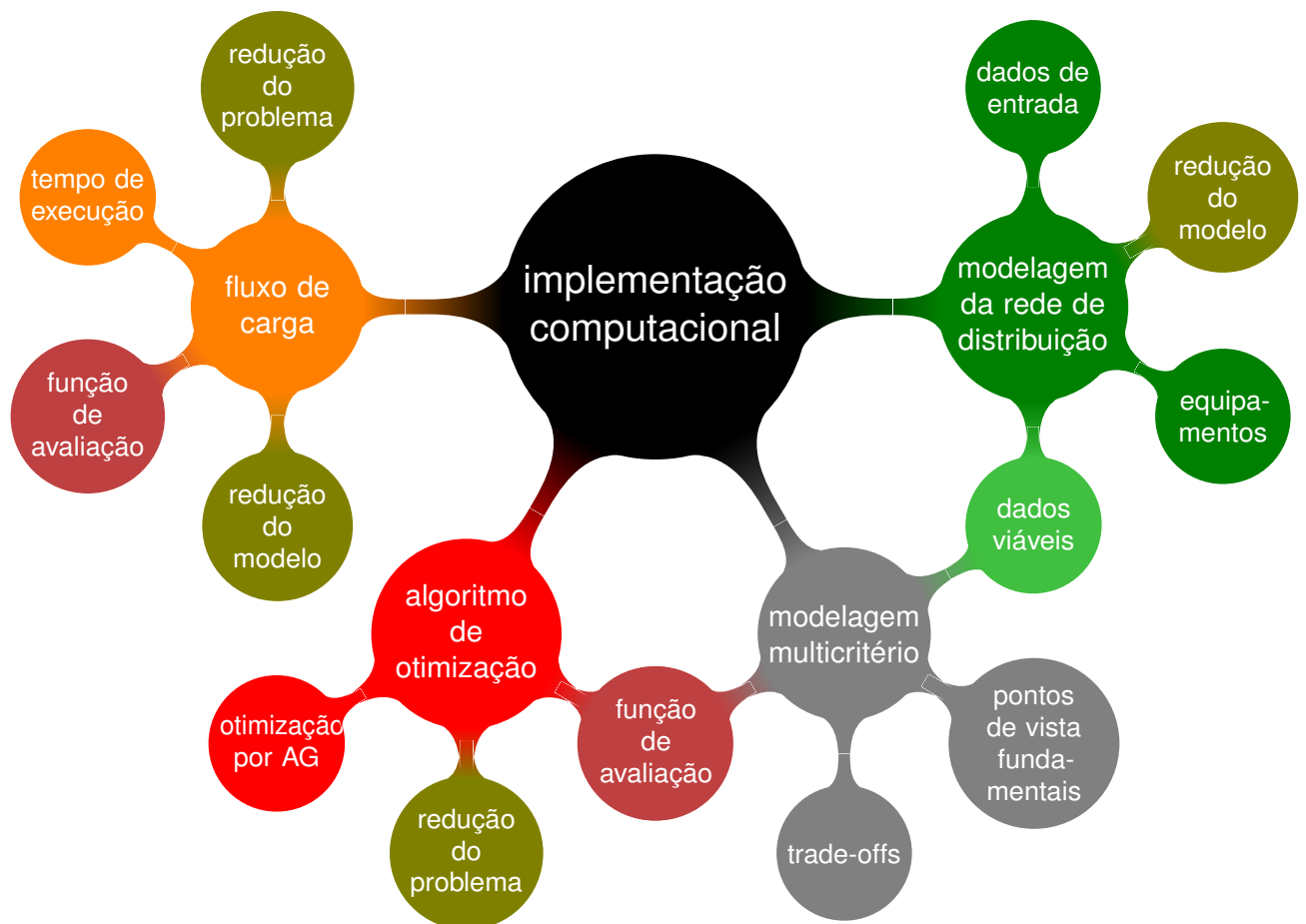
3 AVALIAÇÃO DE OPERADORES DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO

3.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo descreve a metodologia desenvolvida para a avaliação dos operadores de redes de distribuição. O trabalho utiliza informações de uma rede de distribuição primária pertencente à área de cobertura de uma concessionária de distribuição de energia do Estado de São Paulo, doravante referida por "Distribuidora", como referência para a identificação dos desafios reais envolvidos, notadamente quanto ao porte do problema.

O desenvolvimento da metodologia ocorreu em uma cadeia de etapas de características distintas porém relacionadas, como mostra a Figura 8. Isto demandou cuidados recursivos, com os pressupostos iniciais tendo de ser redefinidos em vários momentos.

Figura 8 – Cadeia de etapas de desenvolvimento da metodologia proposta.



Fonte: elaboração própria.

3.2 FUNCIONAMENTO E MODELAGEM DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

A etapa de modelagem do problema, descrita a seguir, é operacionalizada através de um algoritmo construído em linguagem C que interage com um banco de dados MySQL para realizar uma série de verificações prévias dos dados, bem como para segregar, organizar e disponibilizar os dados de forma mais apropriada ao algoritmo de otimização. Assim, o algoritmo de otimização da sequência de manobras pode utilizar códigos numéricos curtos ao invés de textos, importar os dados para a memória RAM com conhecimento prévio do espaço, sem a necessidade de indexar os dados após a importação ou realizar buscas para conhecer o endereço de memória para os relacionamentos (nós e ramos).

3.2.1 Verificação da consistência dos dados de entrada do modelo

A especificação dos elementos do alimentador é recebida na forma de arquivos do tipo texto contendo registros de dados como: georreferenciamento – coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*), número de identificação, número de fases, estado normal (aberto ou fechado) em caso de chaves de proteção ou manobra, limites operacionais de corrente, capacidade de carga no caso de transformadores, bancos de capacitores e reguladores de tensão, etc.

O banco de dados MySQL é estruturado para guardar e indexar os dados contidos nos arquivos. Quando são utilizados dados reais da RD é necessário efetuar a depuração destes dados para garantir que as informações são suficientes e permitem a solução do problema (TENFEN, 2011).

Quando algum dos trechos de condutores não possui os dados de impedância, e não é possível obtê-los da distribuidora, adota-se a impedância do condutor imediatamente a montante.

A avaliação das possibilidades de socorro externo, em caso de isolamento de um trecho da rede, depende da modelagem dos alimentadores vizinhos, para que se possa conhecer os seus níveis de tensão e carregamento nos pontos de conexão (fronteira). As chaves internas destes alimentadores e de fronteira com terceiros alimentadores, no entanto, não são consideradas entre as possíveis manobras para socorro do alimentador em contingência, somente suas chaves de fronteira. Sem um limite definido, em última análise, todo o sistema de distribuição poderia estar envolvido em uma única falha, numa reação em cadeia.

A conectividade entre os componentes dos alimentadores envolvidos deve ser confirmada, ou seja, todos os elementos de ligação (ramos) como os condutores e as chaves de manobra e proteção destes alimentadores, devem estar conexos, não havendo "peças soltas". Todos os transformadores e bancos de capacitores devem

possuir localização coincidente com um dos pontos de conexão dos elementos de ligação.

3.2.2 Redução do modelo dos alimentadores

Grande parte dos ramos do modelo inicial de um alimentador primário é formada por trechos retos entre postes de sustentação das linhas de distribuição aéreas, que não possuem equipamentos ou bifurcações, e servem para definir as curvas do trajeto, podendo ser agrupados para simplificação do modelo, sem contudo representar simplificação das características elétricas (SPERANDIO, 2008).

Esta redução é feita somando-se a extensão dos trechos de condutores agrupados e calculando-se a nova impedância elétrica equivalente quando os condutores apresentam características diferentes (bitola, material, encordoamento, isolação etc.). Ela preserva a possibilidade de representação no modelo de qualquer ponto de falha do alimentador em estudo.

3.2.3 Bancos de capacitores

Os bancos de capacitores estudados possuem controle fixo ou por corrente. Quando controlados por corrente, os bancos de capacitores possuem um transformador de corrente (TC) em série com o alimentador. Em função do carregamento do alimentador, seu sistema de controle comanda a entrada ou saída de operação. Neste trabalho é adotada a estratégia mencionada por Fragoas (2008) que consiste na entrada em operação quando a corrente de carga do alimentador atinge 60 % de sua capacidade no ponto de conexão, ou saída de operação quando a corrente de carga do alimentador cai abaixo de 40 %. A corrente máxima de carga do alimentador, no ponto de conexão do banco de capacitores, é tomada como sendo a capacidade máxima do condutor a montante.

Para ambos casos, os bancos de capacitores têm sua potência reativa modelada conforme a Equação 8.

$$Q = Q_{1pu} \cdot V^2 \quad (8)$$

onde Q é a potência reativa em p.u., Q_{1pu} é a potência reativa nominal a 1 p.u., e V é a tensão no ponto de conexão em p.u.

3.2.4 Simplificações do modelo

O modelo desenvolvido considera as cargas trifásicas equilibradas e de potência constante, e sem a possibilidade de anelamento da rede, ou seja, o curto-circuito entre duas ou mais fontes de alimentação.

São excluídos deste estudo os reguladores de tensão e os bancos de capacitores com outros sistemas de controle (tempo, tensão, fator de potência, potência reativa dentre outros). Além disto, bancos de capacitores fixos com estado normal NA são desconsiderados. Em função do controle fixo, teriam de ser acionados de forma similar às chaves, e considerados na sequência de "manobras", adicionando uma complexidade indesejada ao modelo, neste momento.

3.2.5 Dados de entrada para o algoritmo de otimização

O algoritmo de modelagem da rede gera cinco tabelas no banco de dados que são acessadas pelo algoritmo de otimização da sequência de manobras. São elas:

- a) `_rede`: armazena a identificação dos alimentadores envolvidos, distinguindo aquele em que houve o defeito (primeiro da lista, índice 0);
- b) `_node`: contém os nós da rede sem repetição e o número de conexões (ramos) de cada um deles;
- c) `_ramo`: possui as informações sobre os elementos de ligação como condutores, chaves de proteção e manobra. Os campos incluem: alimentador a que pertencem, nó inicial e final, tipo de elemento, estado normal (NA/NF), impedâncias, limite máximo de corrente e se estão localizados na fronteira entre alimentadores;
- d) `_trafo`: salva as informações sobre os transformadores e as cargas. Os campos incluem: nó de conexão na rede, potências ativa e reativa para os cinco patamares de carga e o número de consumidores prioritários conectados;
- e) `_cap`: armazena dados dos bancos de capacitores como o nó em que estão conectados, carga reativa (kvar), estado normal (NA/NF) e tipo de controle.

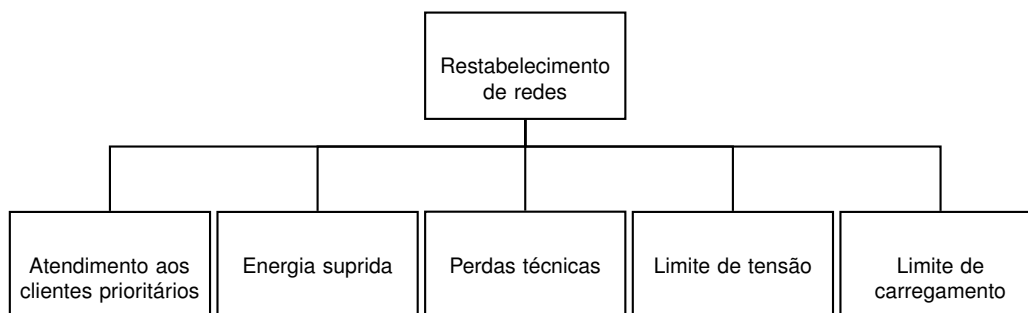
3.3 AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DO RESTABELECIMENTO DE REDE

A seguir são apresentadas as etapas da construção de um modelo multicritério para avaliação das sequências de manobra de restabelecimento de rede, segundo os valores da Distribuidora, e de acordo com os conceitos expostos no item 2.3.

3.3.1 Árvore de pontos de vista fundamentais

A família de critérios considerados fundamentais neste trabalho para a avaliação do restabelecimento de redes de distribuição é apresentada pela Figura 9 e seus descritores são detalhados a seguir.

Figura 9 – Árvore de Pontos de Vista Fundamentais



Fonte: elaboração própria.

3.3.1.1 Atendimento aos clientes prioritários

Alguns consumidores de energia elétrica possuem prioridade no restabelecimento de energia elétrica como: os portadores de necessidades especiais, cuja sobrevivência ou mobilidade dependem de equipamentos cujo funcionamento é assegurado pela rede elétrica; estabelecimentos hospitalares, centros de saúde ou equipados; forças de segurança e instalações de segurança nacional; bombeiros; proteção civil; equipamentos dedicados à segurança e gestão de tráfego marítimo ou aéreo; instalações penitenciárias; etc.

Para mensurar os níveis de impacto neste critério foi criada uma função de valor conforme a Equação 9.

$$f_a = \max \left(0, \frac{N_n \cdot t_{sol} - \sum_{i=1}^n (N_{esp} - N_{i-1}) \cdot t_i}{N_{esp} \cdot t_{sol}} \right) \quad (9)$$

onde:

f_a é o valor da alternativa avaliada no critério de atendimento aos clientes prioritários;

n é o número de manobras;

i representa cada uma das manobras;

N_n é o número de clientes prioritários atendidos ao final das manobras;

N_{i-1} é o número de clientes prioritários atendidos até a manobra anterior;

N_{esp} é o número máximo de clientes prioritários que podem ser atendidos, consideradas as características da contingência;

t_i é o tempo de duração da manobra i ;

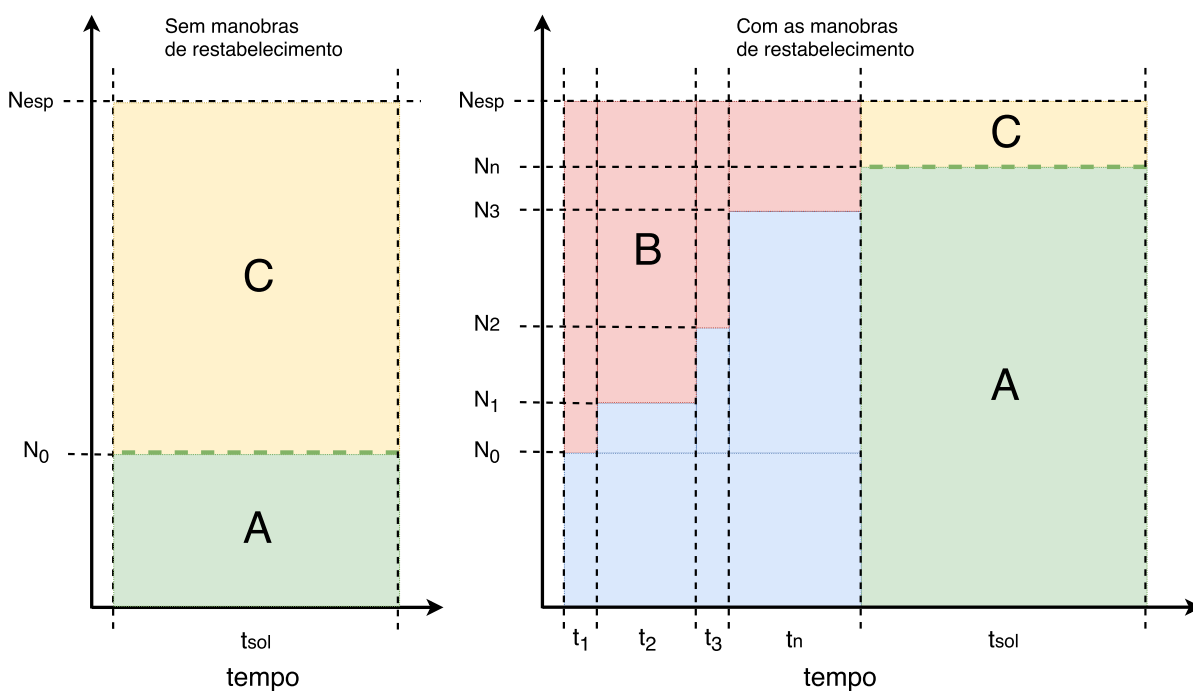
t_{sol} é o tempo de solução do defeito, estimado pela equipe de campo.

A função f_a também pode ser descrita pela Equação 10 em relação aos gráficos da Figura 10.

$$f_a = \max \left(0, \frac{A - B}{A + C} \right) \quad (10)$$

A área "A" do gráfico da esquerda representa o número de consumidores prioritários não afetados pela contingência, e que seriam atendidos durante o tempo de solução do defeito da rede (t_{sol}), mesmo se nada for feito para o restabelecimento de consumidores. Deseja-se maximizar a área "A" – como no gráfico da direita, através de uma sequência de manobras que, no entanto, leva tempo ($t_1, t_2, t_3 \dots t_n$), e possui um custo dado pela área "B", que representa o número de clientes prioritários não atendidos durante a sequência de manobras. Quando "B" é maior que o incremento de "A", o esforço é inútil.

Figura 10 – Número de consumidores prioritários atendidos em função do tempo.



Fonte: elaboração própria.

3.3.1.2 Energia suprida

Quanto maior a quantidade de energia fornecida em relação à situação normal de operação da rede de distribuição, menor o impacto nos indicadores de continuidade individuais, coletivos e suas consequências, vistos no item 2.1.2. Além disto, as distribuidoras possuem parte de sua remuneração atrelada ao fornecimento de energia – a chamada Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) R\$/MWh (ANEEL, 2010).

Para mensurar os níveis de impacto neste critério foi criada uma função de valor com mecanismo de penalização do atraso na solução do defeito, similar ao observado no critério de atendimento aos consumidores prioritários, dada pela

Equação 11.

$$f_b = \max \left(0, \frac{P_n \cdot t_{sol} - \sum_{i=1}^n (P_{esp} - P_{i-1}) \cdot t_i}{P_{esp} \cdot t_{sol}} \right) \quad (11)$$

onde:

f_b é o valor da alternativa avaliada no critério de energia suprida;

n é o número de manobras;

i representa cada uma das manobras;

P_n é a potência ativa fornecida ao final das manobras;

P_{i-1} é a potência ativa fornecida até a manobra anterior;

P_{esp} é a máxima potência ativa que pode ser fornecida, consideradas as características da contingência;

t_i é o tempo de duração da manobra i ;

t_{sol} é o tempo de solução do defeito, estimado pela equipe de campo.

3.3.1.3 Perdas técnicas

Como visto no item 2.1.3 as perdas técnicas são inerentes ao sistema elétrico, impactam os resultados das distribuidoras, e nos alimentadores primários representam cerca de 16 % do total observado no sistema de distribuição. Grosso modo, sua variação acompanha o sentido da variação do carregamento da rede. No entanto, pode apresentar comportamento distinto para um mesmo patamar de carga, dependendo do fluxo de cargas da rede, uma vez que no modelo em p.u. da RD em estudo, variam em cada ramo com o produto de $(R \cdot I^2)$, o que fornece um resultado de perdas técnicas diferente para cada configuração da rede.

O principal impacto deste critério para o restabelecimento de rede é o auxílio na seleção do(s) melhor(es) alimentador(es) de socorro, e na definição da chave de manobra a ser aberta para isolar dois deles. Se sua importância em relação aos demais critérios (*trade-off*) for alta, ele passa a restringir as manobras pouco eficientes nos demais critérios. Mas a consideração das perdas técnicas no modelo multicritério é desafiadora, porque não há uma forma óbvia para o estabelecimento dos limites inferior e superior da escala de valor neste critério, nem *a priori* – definindo valores absolutos de referência – e nem *a posteriori* – usando dados calculados para o problema em análise.

Além disto, caso não haja uma restrição implícita no modelo, como a adotada neste estudo (item 3.4.2), o algoritmo buscará reconfigurar os circuitos do alimentador do defeito e dos seus vizinhos para além do necessário ao propósito original de restabelecimento de energia aos consumidores. Isto ocorre quando a configuração da RD, em funcionamento normal, já não é a mais eficiente.

A função de valor construída para mensurar os níveis de impacto das perdas técnicas, apresentada pela Equação 14, tenta lidar com os desafios mencionados, sem contudo esgotar as possibilidades de aperfeiçoamento. Ela atribui o valor máximo unitário para as perdas técnicas menores ou iguais às observadas durante o funcionamento da rede, imediatamente antes da contingência. Cada vez que a energia dissipada em perdas técnicas da alternativa dobra, seu valor no critério de perdas técnicas é reduzido à metade.

$$E_1 = \sum_{i=1}^m P_{(i-1),1} \cdot t_i + P_{m,1} \cdot t_{sol} \quad (12)$$

$$E_x = \sum_{i=1}^m \sum_{j=2}^n (P_{(i-1),j} - Pant_j) \cdot t_i + \sum_{j=2}^n (P_{m,j} - Pant_j) \cdot t_{sol} \quad (13)$$

$$f_c = \max \left(0, \min \left(1, \frac{\%perdas_1}{\left(\frac{E_1 + E_x}{Es_1} \right)} \right) \right) \quad (14)$$

onde:

f_c é o valor da alternativa avaliada no critério de perdas técnicas;

$\%perdas_1$ é o índice percentual de perdas no alimentador do defeito, imediatamente antes da contingência;

E_1 é a energia dissipada em perdas (p.u.) no alimentador do defeito, durante as manobras e solução da contingência;

E_x é a energia adicional dissipada em perdas (p.u.) nos demais alimentadores, durante as manobras e solução da contingência, para o socorro do alimentador 1;

Es_1 é a energia suprida aos consumidores do alimentador do defeito, durante as manobras e solução da contingência;

$Pant_1(\%)$ é o índice de perdas percentuais do alimentador do defeito, imediatamente antes da contingência;

i é o índice da manobra e m é o número de manobras;

j é o índice do alimentador e n é o número de alimentadores envolvidos. O índice 1 denota o alimentador do defeito;

$Pant_j$ é a potência dissipada em perdas (p.u.) pelo alimentador j imediatamente antes da contingência;

$P_{(i-1),j}$ é a potência dissipada em perdas (p.u.) pelo alimentador j após a manobra $i - 1$;

t_i é a duração da manobra i ;

t_{sol} é o tempo de solução do defeito, estimado pela equipe de campo;

E_1 é a energia ativa (p.u.) gerada pelo alimentador do defeito durante toda a duração das manobras e solução do defeito.

Observa-se que as perdas adicionais nos demais alimentadores, decorrentes do socorro ao alimentador do defeito, também participam na definição do valor no critério.

3.3.1.4 Limite de tensão

O PRODIST define os limites de variação de tensão a serem seguidos pelas distribuidoras de energia conforme explorado no item 2.1.2. Para representar o valor de cada alternativa no critério do limite de tensão, são empregados três níveis de impacto em descritor qualitativo:

- a) bom: quando pelo menos 90 % das barras de carga do alimentador do defeito forem mantidas dentro da faixa de tensão normal durante o reparo da rede;
- b) satisfatório: quando mais de 10 % das barras de carga estiverem em tensão precária, sem nenhuma em faixa crítica;
- c) ruim: quando ao menos uma das barras de carga forem submetidas à tensão crítica.

Assim, foi construída uma função de valor apresentada pela Equação 15.

$$f_d = \begin{cases} 0, & B_{crit} > 0; \\ 0.8, & B_{prec} > 10\%; \\ 1, & B_{prec} \leq 10\%. \end{cases} \quad (15)$$

onde:

f_d é o valor da alternativa avaliada no critério de limite de tensão;

B_{crit} é o número de barras de carga em tensão crítica ao final das manobras;

B_{prec} é o número de barras de carga em tensão precária ao final das manobras.

A característica desta função degrau, resulta em pouco ou nenhum efeito direcionador na otimização da sequência de manobras, mas funciona como uma restrição importante.

3.3.1.5 Limite de carregamento

A sobrecarga do sistema de distribuição pode causar danos permanentes aos equipamentos da rede, prejuízo às distribuidoras, e também aos consumidores, via tarifas de distribuição. São utilizados três níveis de impacto para o descritor qualitativo do limite de carregamento:

- a) bom: se a sequência de manobras não provoca sobrecarga nas linhas e transformadores envolvidos no problema durante as manobras e o reparo

da rede;

- b) satisfatório: em caso de sobrecarga de até 20% em pelo menos um deles;
- c) ruim: se alguma linha ou transformador for sobrecarregado acima de 20%.

A função apresentada pela Equação 16 representa a escala de valor do critério.

$$f_e = \begin{cases} 0, & (LT_{>20\%} + TR_{>20\%}) > 0; \\ 0.8, & (LT_{>0\%} + TR_{>0\%}) > 0; \\ 1, & (LT_{>0\%} + TR_{>0\%}) == 0. \end{cases} \quad (16)$$

onde:

f_e é o valor da alternativa avaliada no critério de limite de carregamento;

$LT_{>20\%}$ é o número de trechos do modelo com sobrecarga acima de 20 %;

$TR_{>20\%}$ é o número de transformadores com sobrecarga acima de 20 %;

$LT_{>0\%}$ é o número de trechos do modelo com sobrecarga;

$TR_{>0\%}$ é o número de transformadores com sobrecarga.

Da mesma forma que o observado para o critério do limite de tensão, esta função de valor possui característica de função degrau, não direciona a otimização, e funciona como uma restrição importante, principalmente devido ao *trade-off* que lhe é atribuído (item 3.3.2).

3.3.2 Definição das taxas de substituição entre os critérios

Para que seja possível a agregação das performances avaliadas para cada critério em uma única avaliação global, é necessário definir taxas de substituição – ou *trade-offs* – entre eles como visto no item 2.3. Neste estudo os *trade-offs* são definidos pelo método AHP (MARINS; SOUZA; BARROS, 2009; SAATY, 1990).

A Tabela 1 apresenta a matriz normalizada de critérios, com o vetor dos *trade-offs* entre eles. A razão de consistência é de 0,0248, dentro do limite considerado adequado de 0,10. O racional por trás da pontuação par a par atribuída aos critérios, com o auxílio da escala de Saaty (1990) apresentada pela Tabela 2, é o de que o atendimento aos clientes prioritários é a maior preocupação da distribuidora, mas respeitados os limites de carregamento da rede, para evitar o risco de novas contingências ou danos permanentes aos seus equipamentos. Os limites de tensão são definidos pela autoridade reguladora e devem ser respeitados, principalmente para evitar prejuízos aos clientes, com responsabilização da distribuidora. Finalmente, busca-se o restabelecimento dos clientes em geral, preferencialmente com perdas técnicas reduzidas.

Tabela 1 – Matriz normalizada de critérios

Prioridades	Prioritários	Carregamento	Tensão	Energia suprida	Perdas técnicas	Trade-offs
Atendimento aos clientes prioritários	1,00	1,00	3,00	5,00	9,00	0,38
Limite de carregamento	1,00	1,00	2,00	5,00	7,00	0,34
Limite de tensão	0,33	0,50	1,00	2,00	5,00	0,16
Energia suprida	0,20	0,20	0,50	1,00	5,00	0,09
Perdas técnicas	0,11	0,14	0,20	0,20	1,00	0,03

Fonte: elaboração própria.

Tabela 2 – Escala fundamental de números absolutos

Grau de Importância	Definição
1	os atributos contribuem igualmente para o objetivo
3	moderadamente mais importante que o outro
5	fortemente mais importante que o outro
7	muito mais importante que o outro
9	importância maior possível de um sobre o outro
número par	ligeiramente mais importante que o número ímpar anterior
frações	valor recíproco da importância entre eles

Fonte: adaptado de Saaty (1990).

3.3.3 Função de valor global do modelo multicritério

O resultado final da modelagem multicritério da sequência de manobras para o restabelecimento da rede pelos operadores do COD, é dado por seu valor global, representado pela Equação 17.

$$F_{aval} = 0,38 \cdot f_a + 0,09 \cdot f_b + 0,03 \cdot f_c + 0,16 \cdot f_d + 0,34 \cdot f_e \quad (17)$$

onde:

F_{aval} é o valor global da alternativa de acordo com o modelo construído;

f_a é o valor no critério de atendimento aos clientes prioritários;

f_b é o valor no critério de energia suprida;

f_c é o valor no critério de perdas técnicas;

f_d é o valor no critério de limite de tensão;

f_e é o valor no critério de limite de carregamento.

3.4 ALGORITMO DE OTIMIZAÇÃO POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Este trabalho aplica os princípios básicos dos algoritmos genéticos, porém com as modificações identificadas para o problema em estudo, com vistas à solução da sequência de manobras para a reconfiguração das redes de distribuição, requisito necessário à conclusão da avaliação do desempenho dos operadores do COD.

3.4.1 Representação Cromossômica

Pretende-se otimizar a sequência de manobras e não o estado final das chaves da RD, possibilitando assim a consideração dos resultados intermediários das manobras na avaliação do operador, bem como a ponderação entre o tempo de execução das manobras e o tempo de solução do defeito.

Há situações em que uma mesma chave é acionada mais de uma vez durante as manobras de restabelecimento, como quando um religador é "rapidamente" aberto para isolar uma porção mais a jusante do defeito e possibilitar o socorro externo, enquanto uma chave manual mais próxima do defeito é acionada pela equipe de campo. O religador pode ser ligado novamente para estender o socorro até o ponto de instalação da chave manual. Esta situação não é contemplada pelos algoritmos genéticos que utilizam cromossomos representativos do estado das chaves (NA/NF) da RD. Há ainda situações em que a melhor solução é não restabelecer os clientes, e aguardar a solução do defeito pela equipe técnica de campo, para não atrasar um restabelecimento total.

O número de manobras (genes) necessárias para a solução do problema pode variar significativamente dependendo da distribuição própria de chaves NA e NF da RD, e da localização do defeito. O defeito pode separar a RD em dois ou mais grafos incomunicáveis, cada um demandando uma estratégia independente de solução. Um ou mais destes grafos da RD pode estar definitivamente isolado de qualquer fonte de alimentação, em área irremediavelmente escura.

Portanto, é proposto um cromossomo de números inteiros e de tamanho variável, ou *Variable Length Chromosome* (VLC), similar ao adotado por Pawar e Bichkar (2015) para a detecção de intrusão em redes de comunicação. Neste esquema, o comprimento dos indivíduos de uma mesma população é variável, embora limitado. O primeiro gene identifica a quantidade de manobras, e os demais representam – da esquerda para a direita – a sequência cronológica de atuação das chaves de manobra,

identificadas através de um número de índice, como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Formação do cromossomo do AG proposto

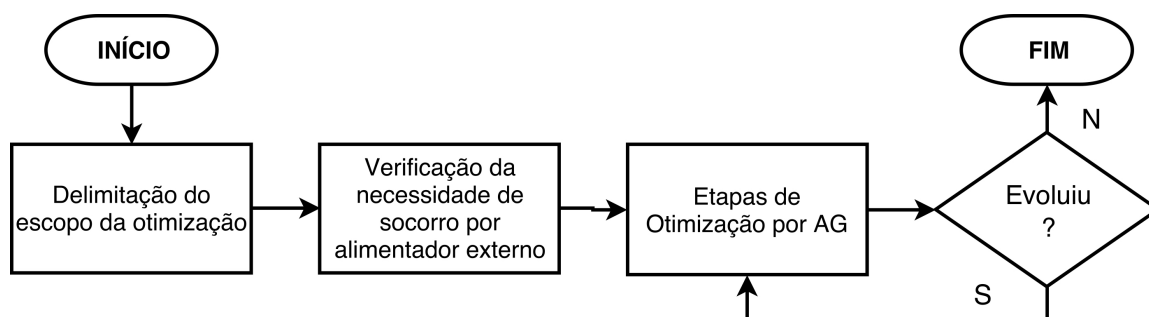


Fonte: elaboração própria.

3.4.2 Algoritmo de otimização completo

A Figura 12 apresenta o fluxograma do algoritmo de otimização proposto.

Figura 12 – Fluxograma do algoritmo completo de otimização proposto



Fonte: elaboração própria.

O algoritmo inclui algumas heurísticas iniciais úteis ao problema:

- delimitação do escopo da otimização, desabilitando as chaves indiferentes ao problema, como aquelas posicionadas em pontos do circuito que não oferecem interrupção de cargas ou irremediavelmente isoladas das fontes (em área escura) pelo defeito;
- verificação da necessidade de socorro por alimentador adjacente ao do defeito, e bloqueio das chaves de manobra de fronteira concorrentes com o disjuntor do alimentador do defeito. Assim, os alimentadores adjacentes participam da solução somente para os trechos em que as cargas perderam a conectividade com seu alimentador primário;

A heurística em a) tem o propósito de reduzir o espaço de busca do problema, além de evitar que chaves indiferentes ao problema apareçam na solução por não afetarem positivamente e nem negativamente o direcionamento da busca, de carona em um cromossomo bem avaliado. A heurística em b) se mostrou fundamental para evitar que o algoritmo busque a alteração da distribuição das cargas entre os alimentadores, por ineficiência da configuração atual da rede em condições normais de operação.

A otimização pelo algoritmo genético ocorre em etapas de refinamento progressivo do domínio do problema, de forma similar à proposta de Kim e Weck (2005) para a otimização da topologia de estruturas. A Figura 13 exemplifica o desenvolvimento do cromossomo ao longo das etapas de otimização, para o caso em que não há alteração dos prefixos iniciais ao longo das etapas. As letras denotam a sequência de números de índice de chaves de manobra. Observa-se ainda o crescimento do número de genes – comprimento – do cromossomo, o qual é informado no primeiro gene.

Figura 13 – Exemplo do Refinamento Progressivo do Domínio do Problema com o Incremento Gradativo do Comprimento do Cromossomo.



Fonte: elaboração própria.

Cada uma das etapas de otimização pelo AG é formada de uma iteração completa do fluxo apresentado na Figura 14.

Devido às etapas probabilísticas inerentes aos AGs, não há garantia de que uma solução aceitável surgirá após um certo número de gerações. Pode haver convergência ou não. A convergência prematura é uma das principais preocupações envolvendo os AGs convencionais pois pode conduzir a uma solução sub-ótima. Uma forma de contornar o problema da convergência prematura é a realização de um certo número de execuções independentes, selecionando-se o melhor indivíduo ao final (KOZA, 1992). Este trabalho adota esta estratégia (Figura 14) combinada com o elitismo – para manutenção do melhor indivíduo entre as gerações do AG.

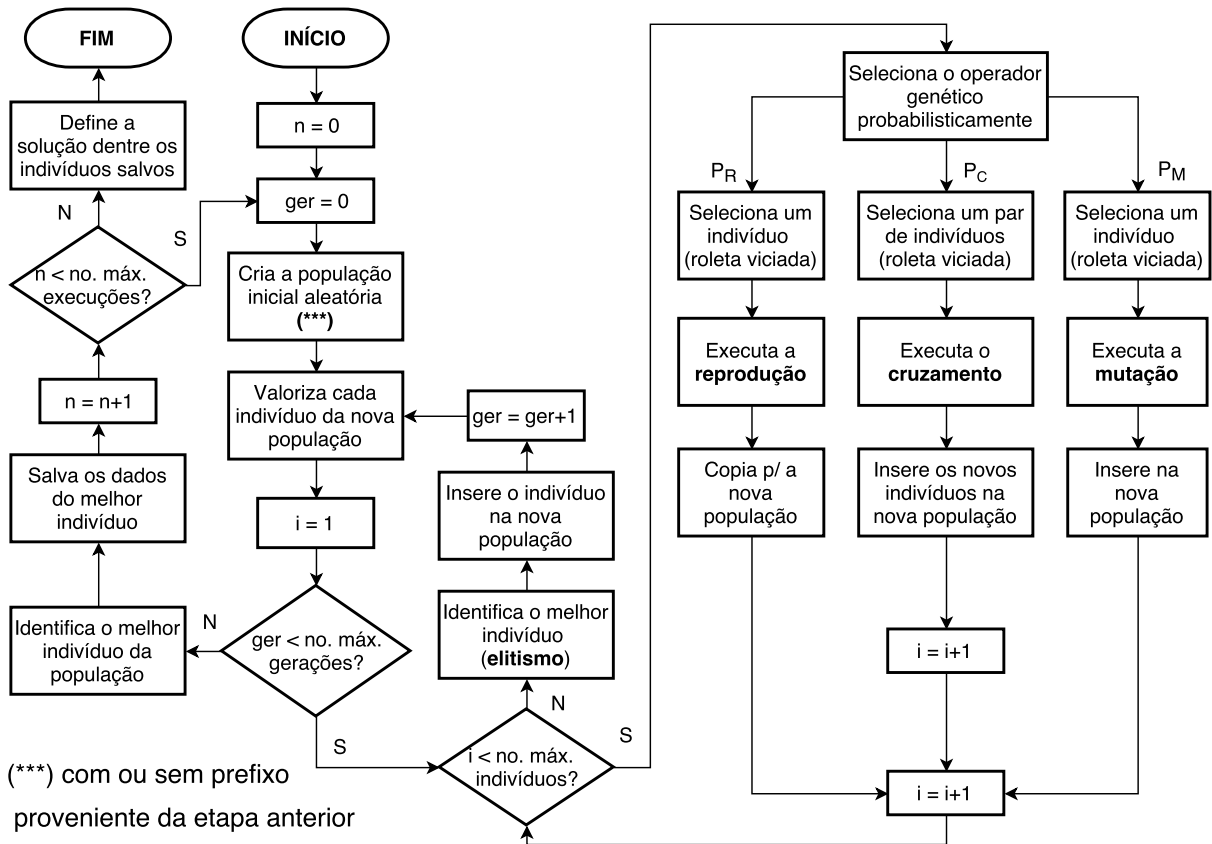
3.4.3 Criação da população inicial aleatória a cada etapa

Inicialmente são atribuídos valores máximos para o comprimento dos cromossomos a cada nova etapa e para a otimização completa. O número inicial de genes dos cromossomos varia como mostra o seguinte exemplo:

Limite por etapa = 5

Limite global = 12

Figura 14 – Fluxograma de cada etapa do algoritmo genético proposto



Fonte: elaboração própria.

1a. etapa inicia com até 5 genes (limite por etapa, dentro do limite global), varia ao longo da otimização e termina com 2 genes (melhor solução);

2a. etapa inicia com até 7 genes (mínimo entre, o resultado da 1a. etapa + limite por nova etapa, e o limite global), ... e termina com 4 genes (nova melhor solução);

3a. etapa inicia com até 9 genes (mínimo entre, o resultado da 2a. etapa + limite por etapa, e o limite global), ... e termina com 4 genes (mesma solução, otimização encerrada).

A população inicial é gerada com um número aleatório de genes nos cromossomos dos seus indivíduos, dentro dos limites mencionados, sendo que as chaves de manobra são selecionadas aleatoriamente, porém respeitando duas regras:

- a) primeira etapa: são selecionadas apenas chaves de manobra automáticas;
- b) demais etapas: são selecionados todos os tipos de chaves, mas as chances das chaves inicialmente abertas e inicialmente fechadas são equivalentes.

A estratégia em a) decorre do fato verificado ao longo dos experimentos,

de que em várias situações, os cromossomos contendo esquemas que incluem as chaves automáticas no início da sequência, possuem valor baixo, são preteridos em relação a outros cromossomos de valor médio, e desaparecem antes da oportunidade de compor com os sufixos apropriados o cromossomo ótimo. É o chamado problema "enganador" (LINDEN, 2012). De todo modo, há a possibilidade de o algoritmo desfazer o resultado da etapa inicial nas demais etapas.

O exposto em b) lida com o fato verificado experimentalmente, de que as soluções costumam envolver quantidades próximas de chaves previamente abertas e fechadas.

A geração da população em cada etapa inclui um algoritmo que verifica e elimina os casos de genes repetidos em sequência, para a redução do número de casos inviáveis e a perda de tempo computacional.

3.4.4 Operadores do algoritmo genético

A seleção ocorre por roleta viciada (LINDEN, 2012) com base no resultado de $(F_{aval})^n$. Isto porque os valores da função de avaliação estão no intervalo $[0, 1]$ e tornam-se muito próximos durante o processo de convergência (quando tendem a 1). Assim, com n convenientemente selecionado – maior que 1 –, evita-se a necessidade e o custo computacional de um ranking, por exemplo. Além disso, n participa no ajuste da velocidade de convergência do algoritmo.

Os operadores de AG são acionados conforme a probabilidade definida nos parâmetros de ajuste, como apresentado na Figura 14. São eles:

- a) reprodução: transfere o indivíduo selecionado intacto para a próxima geração. Como os melhores indivíduos têm mais chance de seleção, este operador procura manter a informação dos melhores indivíduos;
- b) cruzamento: um par de pais é selecionado, assim como um ponto de corte limitado ao comprimento do menor deles. As partes anterior e posterior ao ponto de corte são intercambiadas para formar dois novos indivíduos da nova geração;
- c) mutação: um indivíduo e uma posição em seu cromossomo são selecionados aleatoriamente. A seguir é sorteada uma de três ações: supressão, alteração ou inclusão de um gene. No caso de alteração ou inclusão, é sorteado o número de índice da chave a substituir a atual, ou a ser incluída com o incremento do comprimento do cromossomo. Se o indivíduo selecionado continha tamanho zero, há inclusão de um gene.

3.4.5 Penalização das sequências de manobras inviáveis

Um dos maiores problemas identificados experimentalmente na otimização para o restabelecimento de rede, por algoritmos genéticos, é que uma parcela significativa dos indivíduos da população não é viável tecnicamente. Eles apresentam uma sequência de manobras que levaria ao anelamento, ou seja, o curto-circuito entre fontes de alimentação, ou ainda à energização do local do defeito.

Embora algumas configurações de rede possuam a capacidade técnica (proteções e elementos apropriados) para o anelamento, por curtos períodos de tempo, como mencionado no item 2.2, isto não foi considerado no modelo, como observado no item 3.2.4.

Para lidar com a situação, sempre que um anelamento é identificado durante a tentativa de execução do fluxo de carga, este é interrompido, e a carga total do alimentador sendo calculado é zerada, para efeito de cálculo das funções de valor. Além disso, o valor global da alternativa tem seu valor dividido ao meio. Desta forma, mantém-se a variedade da população, sem o risco de prevalência de um direcionamento incorreto da otimização da sequência de manobras.

3.4.6 Implementação computacional

O algoritmo foi implementado em linguagem C para facilitar o controle e a minimização das instruções do programa, visando a redução do tempo de execução de suas etapas, notadamente dos fluxos de carga. Dois arquivos executáveis (programas em C) foram criados com as funções de:

- a) modelagem da rede: extração dos dados simplificados necessários para a otimização a partir dos dados brutos disponibilizados pela Distribuidora;
- b) otimização: conforme os fluxogramas do item 3.4.2.

O programa de modelagem da rede obtém os dados brutos de um banco de dados MySQL, onde também são armazenados os seus dados de saída (arquivos de modelagem da rede tratados no item 3.2.5). Assim o banco de dados mantém:

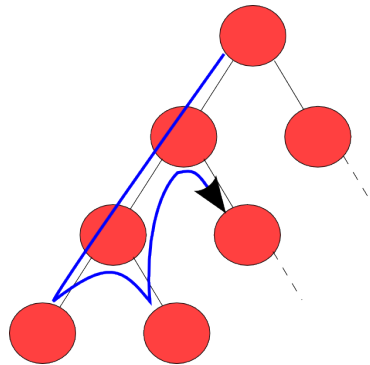
- a) dados brutos de modelagem da rede de distribuição fornecidos pela Distribuidora;
- b) rede de distribuição modelada: ramos (condutores, disjuntores, religadores, chaves manuais, chaves fusíveis) e nós, incluindo os dados sobre os bancos de capacitores e transformadores (que incluem os dados de consumo e número de clientes prioritários);
- c) indicação do local e horário (patamar de carga) da contingência;
- d) sequência de manobras: saída do programa de otimização.

3.4.6.1 Fluxo de carga pelo método MSP

O maior desafio computacional está na realização de dezenas de milhares de fluxos de carga pelo método MSP (item 2.1.4) ao longo do processo de otimização, envolvendo os alimentadores do defeito e adjacentes, para obtenção das variáveis necessárias às funções de avaliação para cada indivíduo do AG.

Uma das características do algoritmo de cálculo do fluxo de carga desenvolvido é a busca em profundidade, com o uso de listas de adjacências (item 2.1.5). Cada ramo possui os endereços de memória (ponteiros) dos nós aos quais está conectado. Cada nó possui uma lista dos ponteiros dos ramos a ele conectados. Isto facilita o mecanismo do método MSP em suas etapas *forward* – em direção aos terminais da rede, e *backward* – de volta à subestação do alimentador, como ilustra a Figura 15.

Figura 15 – Exemplo de busca em profundidade em um grafo.



Fonte: pt.wikipedia.org.

Para reduzir a repetição de fluxos de carga já realizados, são aplicadas algumas estratégias:

- a) a cada execução do fluxo de carga, o MSP deve ser realizado a partir da fonte de todos os alimentadores, para compor os dados necessários às funções de avaliação. Dependendo do local do defeito, alguns dos alimentadores não participam da solução, o que é detectado pelas heurísticas mencionadas no item 3.4.2. Assim, uma rotina inicial desabilita os alimentadores descartados do domínio do problema, ou seja, cujas chaves de fronteira com o alimentador do defeito estão todas desabilitadas, descartando execuções desnecessárias de seus fluxos de carga;
- b) o programa verifica a existência de um indivíduo de cromossomo equivalente na mesma geração do AG, antes de executar um novo fluxo de carga. Assim, ao longo do processo de convergência da otimização, conforme os indivíduos começam a se repetir com mais frequência, a velocidade de execução é acelerada. O tempo computacional empreendido na busca é amplamente compensado pela redução no número de

execuções do fluxo de carga. Isto ocorre apenas em função da estratégia do AG adotada, que se utiliza da repetição de execuções (n execuções conforme a Figura 14) em etapas de convergência rápida.

Os critérios de parada das iterações do fluxo de carga utilizados são o número de iterações e a variação das perdas técnicas entre as iterações. Estes são parâmetros ajustáveis no cabeçalho do programa. Os resultados experimentais mostraram que uma precisão menor que 0,00001 p.u., para o porte da rede estudada, pode interferir no resultado. Com a presença de bancos de capacitores controlados por corrente no modelo, é importante notar que o gatilho para a inclusão ou exclusão da reatância capacitiva correspondente, ocorre ao longo do processo de convergência, o que pode requerer um número maior que o habitual de iterações.

O código utilizado para execução dos fluxos de carga encontra-se no Apêndice A.

3.4.6.2 Geração de números aleatórios

Os algoritmos genéticos funcionam com base em sorteios, o que requer uma boa ferramenta para geração de números aleatórios. A biblioteca básica "stdlib.h" possui duas funções que precisam ser usadas em conjunto:

- a) rand(): gera números inteiros aleatórios;
- b) srand(parâmetro): altera a "semente" da geração aleatória.

Caso a função "srand" não seja usada (no início do programa, uma única vez) com um parâmetro diferente a cada execução, a sequência dos números aleatórios será sempre igual. Isto pode ser útil durante a etapa de desenvolvimento, mas "em produção" evita-se este risco utilizando-se como parâmetro "time(NULL)".

4 ESTUDO DE CASO

Para validar o método proposto de avaliação do operador do Centro de Operação da Distribuição em sua tarefa de restabelecimento de redes de distribuição, um caso real da Distribuidora é utilizado como referência para comparação dos resultados.

4.1 DESCRIÇÃO DO ALIMENTADOR PRIMÁRIO

O alimentador primário utilizado é identificado pelo código "MAZ10", está situado na cidade de Hortolândia (SP), e suas principais características são apresentadas pela Tabela 3. Seus dados de modelagem constam do Apêndice B.

Tabela 3 – Alimentador primário MAZ10

Subestação	MAZ Hortolândia 2 - Morro Azul
Alimentador	MAZ10
Potência	26,6 MVA
Tensão primária	11,9 kV
Tensão de operação	1,05 p.u.

Fonte: elaboração própria.

A Tabela 4 apresenta os tipos e quantidades de consumidores supridos pelo alimentador nos níveis de média e baixa tensão.

Tabela 4 – Consumidores supridos pelo alimentador

Grupo	Tensão	Classe	Normal	Prioritário
A	MT	Comercial	3	1
		Industrial	4	3
A	BT	Comercial	1	–
B	MT	Comercial	1	–
		Residencial	2	–
B	BT	Comercial	137	–
		Industrial	17	–
		Consumo Próprio	1	–
		Iluminação Pública	6	–
		Poder Público	10	–
		Serviço Público	–	1
		Residencial	3226	–
Total			3408	5

Fonte: elaboração própria.

A Tabela 5 apresenta os dados de carregamento (kW) total dos transformadores do alimentador MAZ10, estimados pela Distribuidora, segundo cada um de seus cinco patamares de carga.

Tabela 5 – Carregamento dos transformadores do alimentador

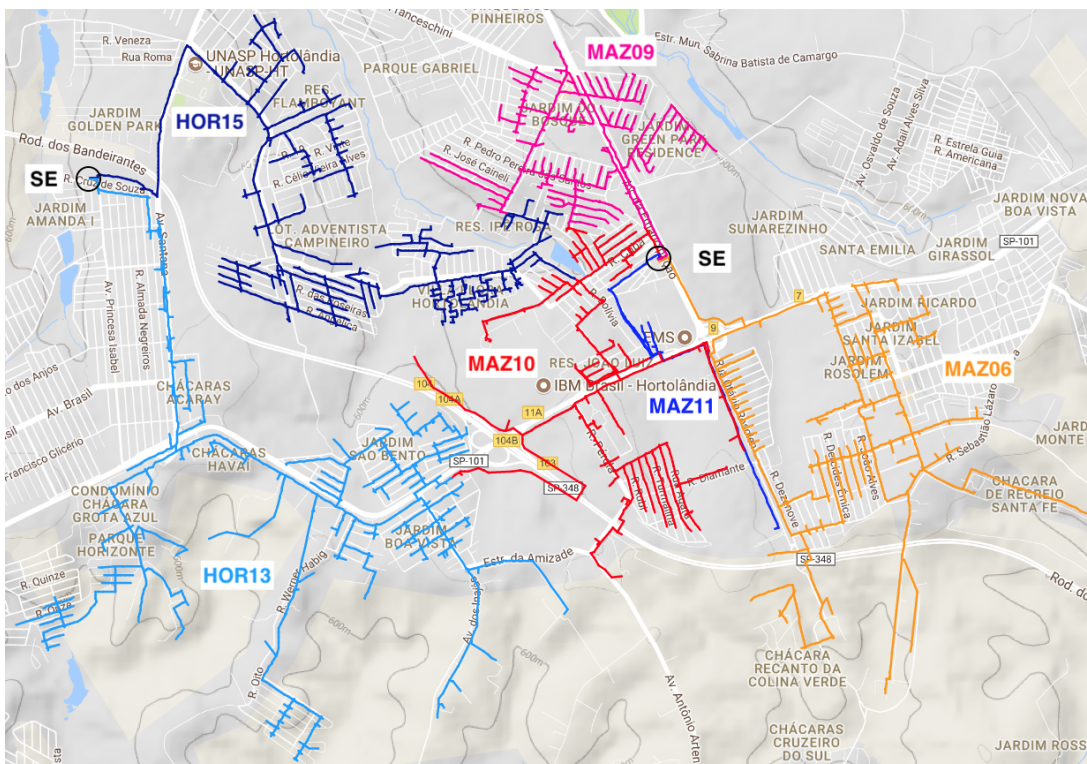
Patamar	Nome	Período	Carregamento (kW)
1	madrugada	00 – 06 h	6.600
2	manhã	06 – 12 h	8.792
3	tarde	12 – 18 h	8.921
4	horário de pico	18 – 21 h	9.581
5	noite	21 – 24 h	8.023

Fonte: elaboração própria.

Além do carregamento (kW) de cada um dos transformadores presentes no alimentador, foram obtidos os seus fatores de potência e de diversidade das cargas conectadas. Em geral, os trafos de BT têm fator de potência 0,8 indutivo, enquanto os demais possuem valores personalizados (média ponderada de 0,934 indutivo).

A Figura 16 apresenta o alimentador MAZ10 e os cinco alimentadores vizinhos conectados: MAZ06, MAZ09 e MAZ11, provenientes da mesma subestação MAZ; HOR13 e HOR15 provenientes de outra subestação na mesma cidade.

Figura 16 – Rede de distribuição radial de referência



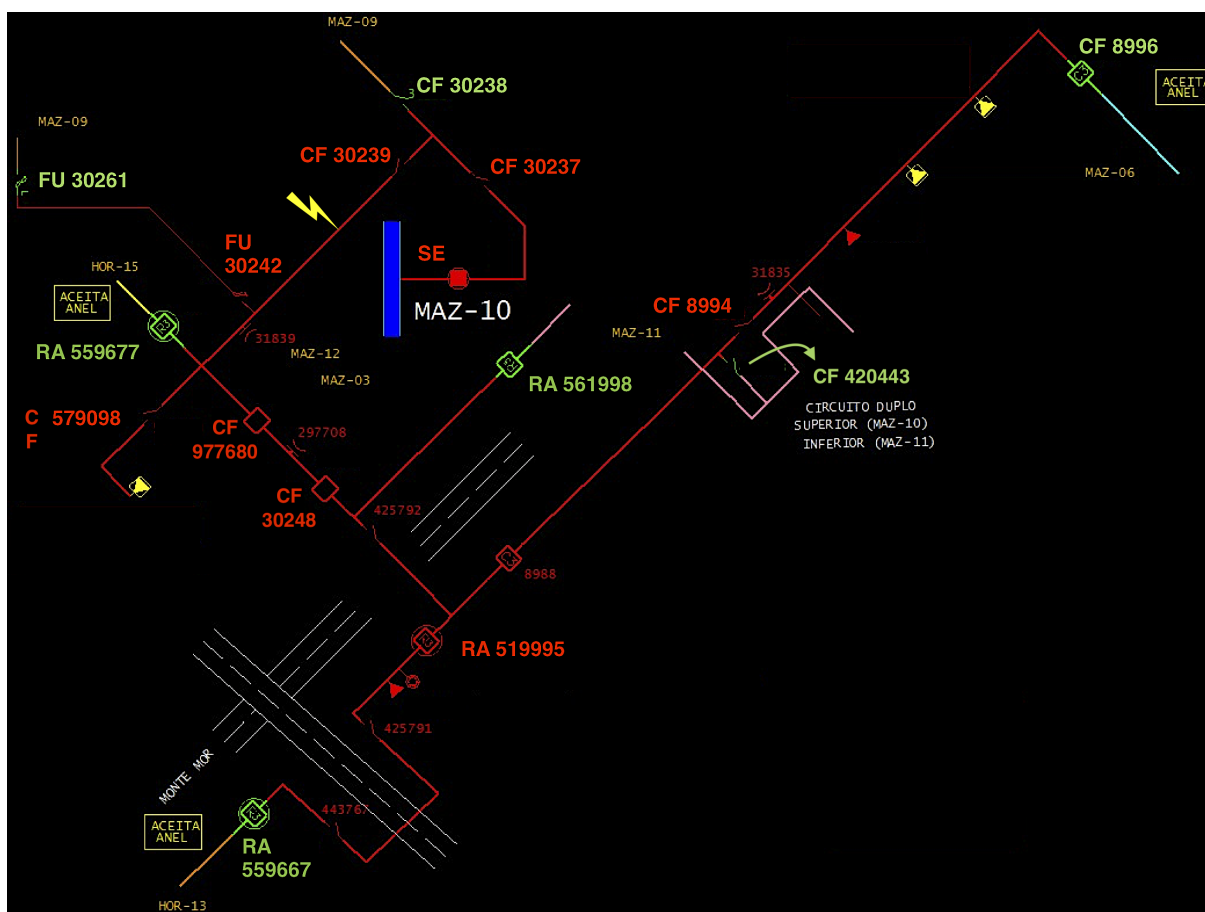
Fonte: elaboração própria.

4.2 DESCRIÇÃO DA CONTINGÊNCIA

O evento ocorreu em fevereiro de 2015, no período da madrugada, dentro do patamar 1 de carga da Distribuidora (Tabela 5), e causou o desligamento do disjuntor do alimentador na subestação.

Os dados mencionam a queda de uma árvore sobre os condutores primários a jusante da chave manual CF 30239, como indicado através do "raio" no diagrama simplificado da rede de distribuição, apresentado pela Figura 17.

Figura 17 – Diagrama do Alimentador do Estudo de Caso



Fonte: elaboração própria.

A barra da SE aparece em azul. Os principais equipamentos da rede identificados com códigos de duas letras e números, em vermelho (internos) ou verde (fronteira com outros alimentadores). Os tipos de chave de proteção ou manobra são: RA – religador, CF – chave manual e FU – chave fusível. O código SE identifica a subestação e o disjuntor do alimentador.

4.3 MODELAGEM DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

A rede de distribuição contendo os seis alimentadores (Figura 16) envolvidos direta e indiretamente com a contingência foi modelada conforme os conceitos desenvolvidos no item 3.2.

A Tabela 6 apresenta o número de ramos (arestas) da modelagem por grafos dos alimentadores envolvidos na contingência, antes e depois da redução, conforme o item 3.2.2.

Tabela 6 – Número de ramos da modelagem da rede de distribuição

	Alimentador do defeito	Fronteira	Demais alimentadores
Antes da redução	634	7	3867
Após a redução	296	7	1728

O estado inicial das chaves da rede é o mesmo que em operação normal, exceto pelo desligamento do disjuntor na subestação. A Tabela 7 apresenta o número de chaves de proteção e manobra do alimentador em estudo, identificando as chaves que efetivamente participaram da otimização após a execução da heurística de exclusão daquelas indiferentes ao problema, mencionada em a) no item 3.4.2.

Tabela 7 – Número de chaves de proteção e manobra do alimentador do estudo de caso

	Operação Normal		Útil à otimização	
	Interna	Fronteira	Interna	Fronteira
disjuntor	1	–	1	–
religador	1	3	1	2
chave manual	23	3	19	2
chave fusível	21	1	18	1

Fonte: elaboração própria.

4.4 CARREGAMENTO DOS TRAFOS DOS ALIMENTADORES VIZINHOS

Não foram disponibilizados os dados individuais relativos ao carregamento dos transformadores instalados nos alimentadores vizinhos, apenas o carregamento total dos mesmos, visto pelo sistema de monitoramento do COD, no momento da contingência. A Tabela 8 apresenta o carregamento destes alimentadores no início da contingência.

Assim a distribuição do carregamento total entre os trafos foi feito através de estimativa própria, com base na capacidade nominal (kVA), e nos fatores de potência e diversidade utilizados para MAZ10 como já mencionado no item 4.1.

Tabela 8 – Carregamento dos alimentadores de fronteira com MAZ10

Alimentador	Potência Ativa kW	Potência Reativa kvar
MAZ06	2.080	967
MAZ09	3.180	895
MAZ11	782	161
HOR13	2655	811
HOR15	2.469	1.679

Fonte: elaboração própria.

4.5 AJUSTE DOS PARÂMETROS DE OTIMIZAÇÃO

Os principais parâmetros do algoritmo de otimização apresentado no item 3.4 foram definidos conforme a Tabela 9.

Tabela 9 – Calibração do algoritmo de otimização

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor	Fluxo de Carga	
Tempo de solução do defeito	6 horas	População	500	Parâmetro	Máx.
No. de execuções por etapa	3	Gerações	20	Número de iterações	10
No. de manobras por etapa	5	Cruzamento (P_C)	0,70	Erro (perdas em p.u.)	10^{-5}
No. de manobras total	12	Mutação (P_M)	0,01		
		Reprodução (P_R)	0,29		

Não é conhecida a estimativa real de tempo de solução do defeito, feita pela equipe de campo, e informada ao COD na data da contingência, conforme o item 4.16 do procedimento Localização de Defeito e Restabelecimento de Redes de Distribuição de Energia (CPFL ENERGIA, 2008).

Os tempos de execução de cada manobra, incluindo o deslocamento da equipe de campo quando aplicável (chaves manuais e chaves fusíveis), são apresentados pela Tabela 10. Os dados das chaves manuais e fusíveis são sugeridos pelos profissionais da Distribuidora, e corresponde ao tempo utilizado para o planejamento de ações programadas na rede. Os demais tempos são adotados pelo autor.

Tabela 10 – Tempo de execução da manobra

Tipo de Chave	Tempo (min)
disjuntor (SE)	1
religador (RA)	2
chave manual (CF)	30
chave fusível (FU)	30

4.6 RESULTADOS

Nota-se pelos resultados apresentados na Tabela 11 que o algoritmo de otimização foi capaz de encontrar uma solução de maior valor que a decidida pelos operadores do COD, segundo os critérios do modelo de avaliação proposto.

Tabela 11 – Avaliação de alternativas para o restabelecimento da rede

Critério	Operador do COD	Otimização proposta
Clientes prioritários	0,9444	0,9444
Energia suprida	0,9583	0,9743
Perdas técnicas	0,7333	1,0000
Limite de tensão	1,0000	1,0000
Limite de carregamento	1,0000	1,0000
Valor global	0,9671	0,9766

No entanto, é preciso observar que em algumas execuções, apesar de todas as ações tomadas, o algoritmo genético proposto não atingiu o mesmo resultado e, nestes casos, encerrou com um prefixo do cromossomo de melhor resultado identificado. Embora ainda assim fossem boas sequências de manobra, até melhor avaliadas que a adotada pelos operadores do COD, acredita-se que os parâmetros do AG ainda não sejam os melhores, e que possam ser aperfeiçoados após uma análise estatística cuidadosa.

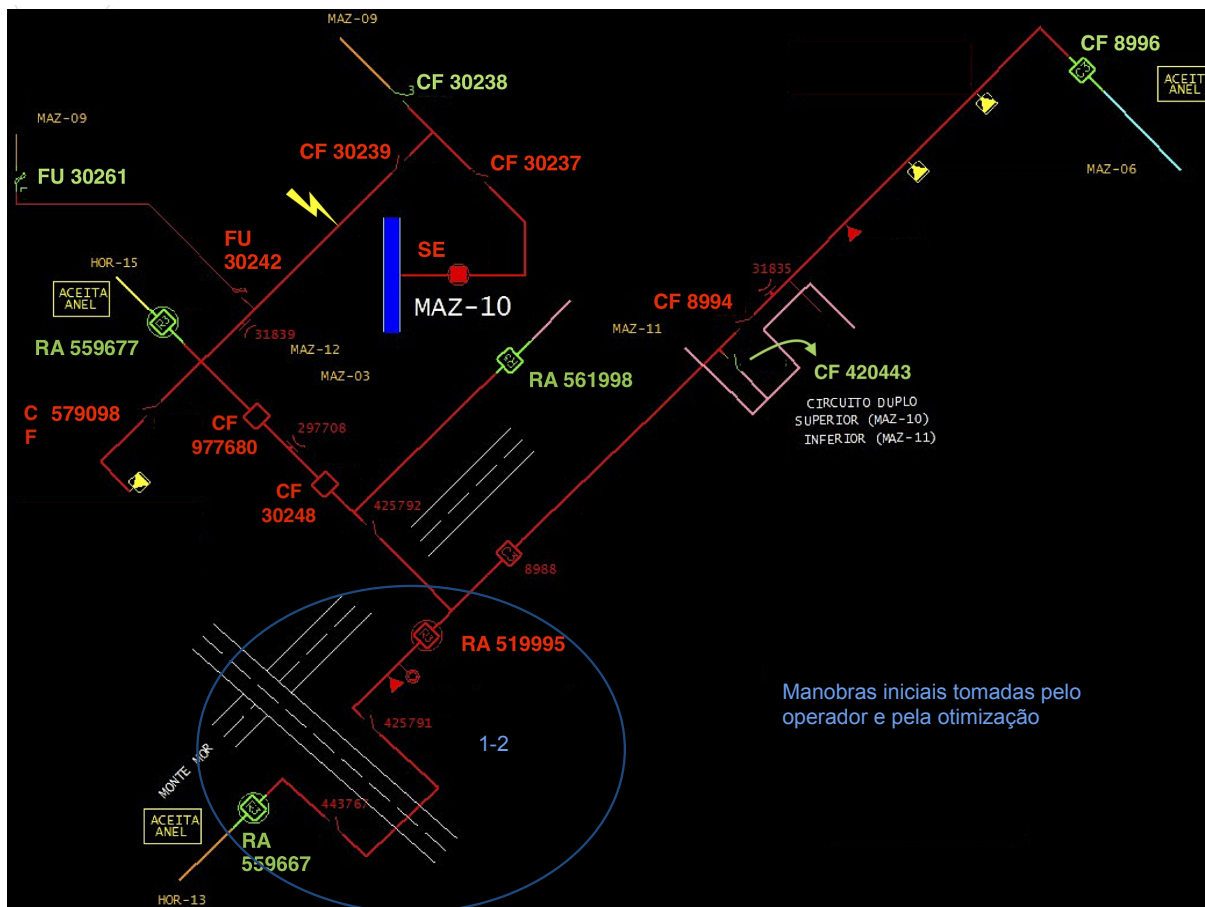
A Tabela 12 apresenta o comparativo entre as sequências de manobra tomadas pelo operador do COD, e as resultantes da otimização proposta para o restabelecimento da rede estudada. Os equipamentos em vermelho são do próprio alimentador MAZ10, enquanto os demais fazem fronteira com outros alimentadores.

Tabela 12 – Comparativo de Resultados

Ações	Operador do COD		Otimização proposta	
	Equipamento	Ação	Equipamento	Ação
1	RA 519995	Desligar	RA 519995	Desligar
2	RA 559667 (HOR15)	Ligar	RA 559667 (HOR15)	Ligar
3	CF 30248	Abrir	CF 977680	Abrir
4	RA 519995	Ligar	RA 561998 (MAZ11)	Ligar
5			FU 30242	Abrir
6			FU 30261 (MAZ09)	Fechar
7	CF 30239	Abrir	CF 30239	Abrir
8	SE	Ligar	SE	Ligar

As ações iniciais 1 e 2 da Tabela 12 ilustradas pela Figura 18 são iguais entre as alternativas comparadas, e resultam em um rápido restabelecimento (envolvendo apenas religadores) de uma parcela da rede que inclui dois clientes prioritários.

Figura 18 – Diagrama do Alimentador do Estudo de Caso – Ações 1 e 2



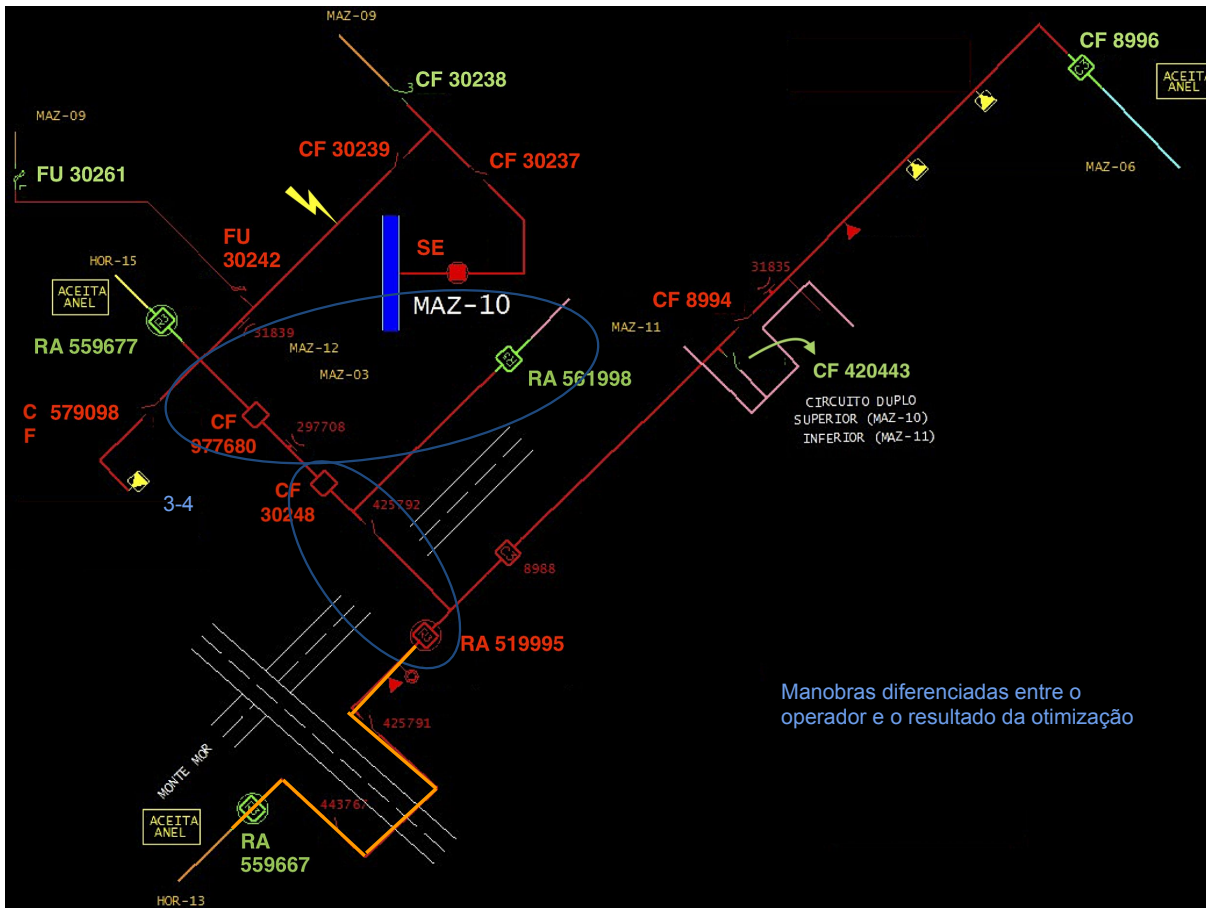
Fonte: adaptado de arquivo pdf da CPFL Energia.

As ações 3 e 4 ilustradas pela Figura 19 são diferentes, porém equivalentes, entre as alternativas. Ambas visam ampliar a área de cobertura da rede, com duas diferenças:

- a) a chave CF 977680 (otimização) está mais próxima do defeito que a chave CF 30248 utilizada pelo operador para isolá-lo. Esta questão é óbvia e suscitou a dúvida a cerca da atualização dos arquivos de modelagem da rede. Talvez esta chave não estivesse instalada à época da contingência. Outra hipótese é o operador ter considerado inapropriado ou incerto o acionamento do banco de capacitores existente entre elas (450 kvar, controlado por corrente). Não foi possível confirmar;
- b) ao invés de ligar o religador RA 519995 (MAZ10), levando-o inclusive à sua condição normal de operação, mas sobrecarregando o fornecimento através do religador de fronteira RA 559667 (HOR15), a otimização selecionou o religador de fronteira RA 561998 (MAZ11), distribuindo as cargas e reduzindo as perdas técnicas em 36 % no alimentador do defeito. Isto foi comprovado através da eliminação das perdas técnicas

do escopo da otimização (fixando $f_c = 1$), o que resultou na utilização do religador RA 519995 em algumas das execuções. Abre-se a possibilidade de discussão pela distribuidora sobre a forma de identificação das perdas e do carregamento dos alimentadores, bem como do impacto de cada banco de capacitor em momentos de contingência.

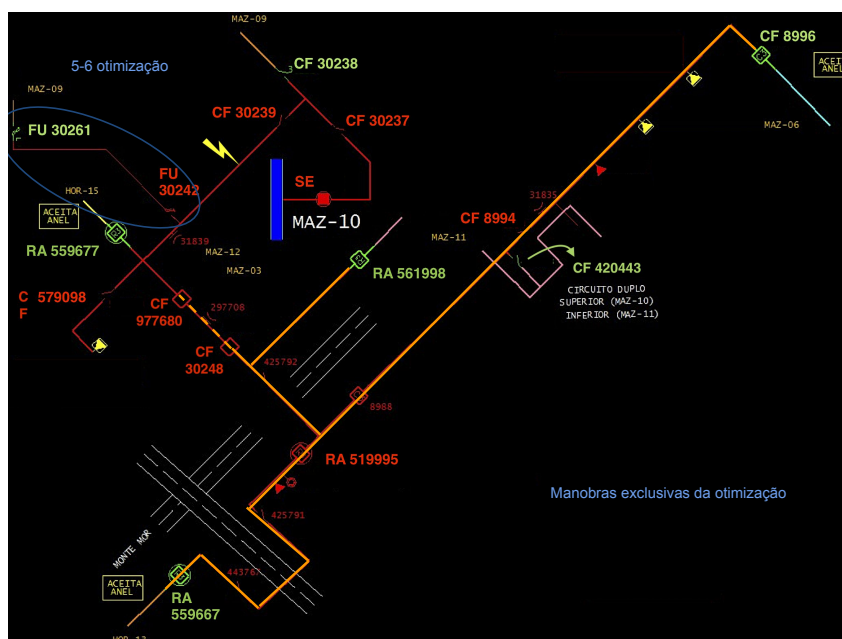
Figura 19 – Diagrama do Alimentador do Estudo de Caso – Ações 3 e 4



Fonte: adaptado de arquivo pdf da CPFL Energia.

A opção exclusivamente proveniente da otimização de utilizar as chaves fusíveis das ações 5 e 6 da Tabela 12, ilustradas pela Figura 20, obedeceu aos parâmetros da modelagem, conforme informação da Distribuidora, de que, quando imprescindível, elas podem ser usadas para manobras. Mas sabe-se que as chaves de proteção não têm este propósito. Pode-se discutir se o operador tomou a decisão correta ao não utilizá-las. Ressalta-se ainda que nos arquivos recebidos da Distribuidora há registros do sistema de monitoramento, durante a contingência, de atuações do tipo abre/fecha seguidos, envolvendo a chave FU 30242, e nenhum registro para a chave fusível de fronteira FU 30261, que poderia restabelecer parte do alimentador. Não é possível saber se houve a tentativa de utilizá-las com o propósito de restabelecimento de rede.

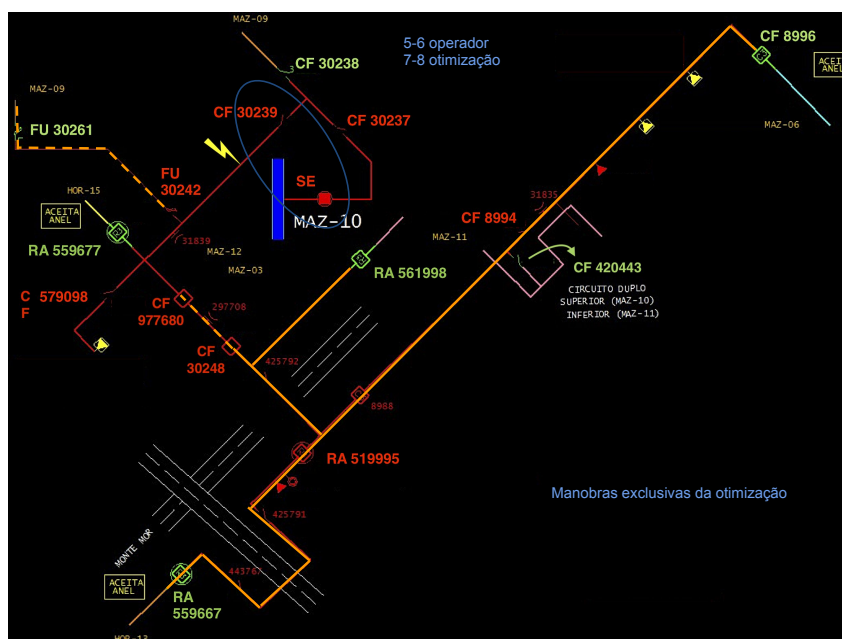
Figura 20 – Diagrama do Alimentador do Estudo de Caso – Ações 5 e 6



Fonte: adaptado de arquivo pdf da CPFL Energia.

As manobras finais relativas às ações 7 e 8 da Tabela 12, ilustradas pela Figura 21, foram iguais entre as alternativas e têm pouca influência no valor global segundo o modelo proposto. Elas afetam apenas um transformador, de uso da Guarda Municipal da cidade, porém não classificado como prioritário.

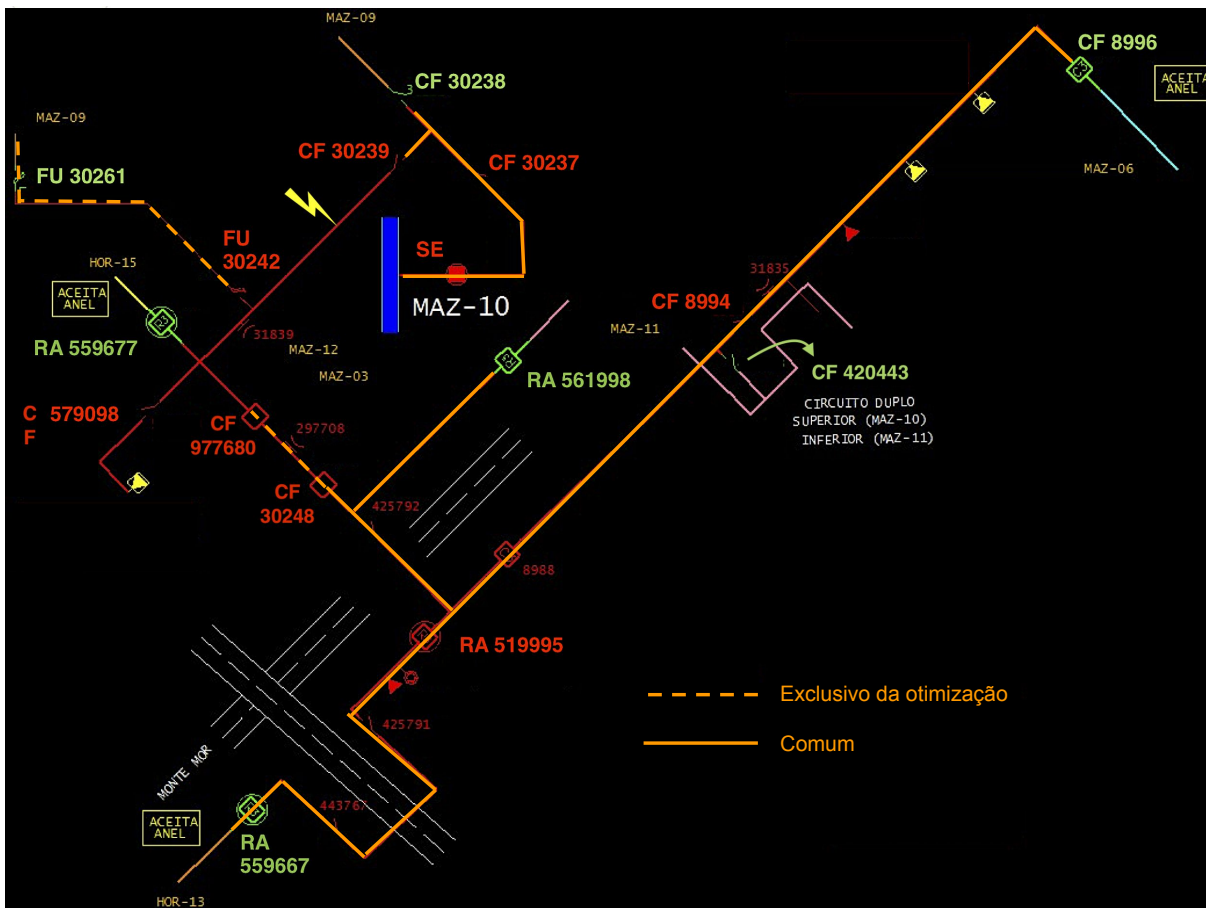
Figura 21 – Diagrama do Alimentador do Estudo de Caso – Ações 7 e 8



Fonte: adaptado de arquivo pdf da CPFL Energia.

Finalmente a Figura 22 apresenta o estado final da rede após as manobras de restabelecimento, a perdurar pelo tempo de solução do defeito (manutenção da rede pelas equipes de campo).

Figura 22 – Diagrama do Alimentador do Estudo de Caso – Resultado Final



Fonte: adaptado de arquivo pdf da CPFL Energia.

Assim, o estudo deste caso real possibilitou testar o resultado do modelo e compará-lo com a decisão real tomada e executada pelo COD, a qual mostrou-se satisfatória e de ótima qualidade técnica, segundo os critérios da Distribuidora, uma vez que seu valor global é muito próximo ao melhor conhecido (obtido da otimização).

Questões para discussão são levantadas a cerca da atualização dos dados de modelagem da rede, da acurácia das informações disponíveis ao operador sobre o carregamento dos alimentadores, e quanto ao papel das chaves fusíveis no restabelecimento de rede. A análise pelos profissionais da distribuidora dos resultados obtidos, fornecerá subsídios para o aperfeiçoamento de seus métodos de trabalho, a definição do conteúdo de novos treinamentos, mas também para o aperfeiçoamento desta ferramenta de otimização, caso haja algum aspecto novo a considerar.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho desenvolve uma metodologia para a identificação da sequência de manobras de restabelecimento, com os menores impactos à rede de distribuição, segundo os critérios da distribuidora. Os principais fatores influenciadores da modelagem da rede são identificados. Um modelo multicritério de apoio à decisão com base nos critérios identificados como relevantes às distribuidoras foi criado. A Inteligência Artificial é aplicada através de um algoritmo genético com cromossomos de comprimento variável e etapas de refinamento progressivo do domínio do problema.

Acreditava-se que o uso de cromossomos de tamanho fixo, combinados com genes "curingas" representativos de manobras inexistentes, fossem uma boa solução técnica. Ao longo do trabalho foi possível observar experimentalmente que esta estratégia não contribuía para a convergência da otimização, pois alguns bons esquemas do algoritmo genético perpetuavam-se em posições posteriores da sequência, e algumas manobras que contribuía para a melhora de valor, mas não para o ótimo global, surgiam frequentemente ao final do processo em posições anteriores, causando sequências visivelmente equivocadas. Foi preciso adotar a representação por cromossomos de tamanho variável (item 3.4.1) em uma mesma geração de indivíduos.

O refinamento progressivo do domínio do problema (KIM; WECK, 2005) pelo algoritmo genético foi outro conceito buscado em função das dificuldades experimentadas ao longo do desenvolvimento. O problema apresenta uma característica importante relacionada com o anelamento entre alimentadores (item 3.4.5), o que torna um número expressivo de indivíduos da população do AG inviável como solução, interfere na qualidade e velocidade da otimização, e gera desperdício computacional. Os esquemas do AG (LINDEN, 2012) acabam por reduzir-se ainda mais que o habitual, com grande dificuldade em manter os esquemas maiores compostos de ações sequenciais mais longas. Com a ideia do refinamento progressivo, um cromossomo inicialmente curto vai ganhando características melhores gradativamente. Mas este trabalho não esgotou as possibilidades de aperfeiçoamento do parâmetro de comprimento por etapa.

O algoritmo é implementado em linguagem de programação C, e fornece uma boa solução (que pode até ser a melhor possível) para ser comparada com as ações reais tomadas pelo COD.

Assim, foram contemplados os objetivos geral e específicos definidos para o trabalho. Confirmou-se ainda a hipótese de que é possível avaliar o desempenho do trabalho do operador do Centro de Operação da Distribuição (COD) através de técnicas de Inteligência Artificial, com base nos aspectos relevantes à distribuidora.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Há oportunidade de aperfeiçoamento das ideias desenvolvidas até a conclusão deste trabalho. A bibliografia da área, até onde os esforços deste autor alcançou, não conta com uma estratégia de restabelecimento de redes baseada na otimização da sequência de manobras, com cromossomos de tamanho variável e refinamento progressivo do domínio do problema. O aprofundamento de sua base conceitual pode resultar em grande interesse e visibilidade na área da engenharia elétrica.

A ausência de um número maior de dados sobre contingências em alimentadores, principalmente devido à dificuldade de obtenção de informações de modelagem das redes de distribuição, limita a capacidade de testes. Mas é possível executar algoritmos de busca exaustiva para encontrar a solução ótima em algumas localizações de defeito. O próprio autor utilizou este expediente para checar alguns resultados envolvendo até quatro manobras (em 2 horas com 46 chaves). Evidentemente sem o mesmo efeito da comparação com o caso real, capaz de fornecer novos pontos de vista, para além da modelagem realizada.

Alguns aspectos do modelo das redes de distribuição podem ser aprofundados, com a inclusão dos reguladores de tensão, das fontes de geração distribuída e os vários tipos de controle dos bancos de capacitores. É preciso tratar a capacidade de anelamento de alguns alimentadores nos modelos. Os alimentadores primários utilizados em zona rural, costumam contar com trechos bifásicos ou mesmo monofásicos, o que demanda a tratativa por modelagem trifásica desequilibrada.

Este trabalho pode ser adaptado ao propósito de treinamento de operadores do COD, sem a necessidade de inclusão de ações previamente conhecidas, mas aproveitando a inteligência artificial para simular tipos de defeito e condições da rede ilimitados, e aleatórios.

Uma das maiores limitações da otimização da sequência de manobras é o tempo de processamento dos fluxos de potência, que são mais demandados que na otimização do estado das chaves. Também há uma parcela significativa de indivíduos inviáveis que tomam tempo. A investigação e a busca por algoritmos computacionais mais inteligentes pode contribuir para tornar o programa apto a aplicações de tempo real.

Finalmente, a combinação do estudo de taxas de falha e localização na rede de distribuição, com o algoritmo desenvolvido, poderia proporcionar ótimas informações para a priorização de investimentos em modernização da rede.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **Resolução Normativa 414**: Estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada e consolidada. set. 2010. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2010414.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

_____. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional. **Módulo 1: Introdução**. 9. ed. mar., 2016.

_____. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional. **Módulo 8: Qualidade da Energia Elétrica**. 8. ed. jan., 2017a.

_____. Procedimentos de Regulação Tarifária - **Submódulo 2.5: FATOR X**. 1. ed., fev. 2017b.

_____. **Perdas de Energia**. abr. 2017c. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/metodologia-distribuicao/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/perdas/654800>. Acesso em: 05 mai. 2017.

ARANHA NETO, E. A. C.; SPERANDIO, M.; COELHO, J. Current situation of technical and non-technical losses in brazil. **CEE'07 - 2nd International Conference on Electrical Engineering**, Portugal, 2007.

ARANHA NETO, E. A. C. **Metodologia Probabilística para a Estimação de Perdas Técnicas e Comerciais em Alimentadores de Sistemas de Distribuição**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

CARVALHO, M. R. **Estudo Comparativo de Fluxo de Potência para Sistemas de Distribuição Radial**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

CAVELLUCCI, C. **Sistema Especialista em Manobras de Redes de Distribuição de Energia Elétrica**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, abr. 1989.

CÉSPEDES, R. New Method for The Analysis of Distribution Networks. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 5, p. 391-396, 1990.

CHEN, W.-H. Quantitative Decision-Making Model for Distribution System Restoration. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 25, n. 1, p. 313-321, 2010.

CORMEN, T. H.; LEISERSON, C. E.; RIVEST, R. L.; STEIN, C. **Algoritmos: Teoria e Prática**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

CPFL ENERGIA. **Norma Técnica 1180**. Operação do Sistema Elétrico de Distribuição da CPFL. mai. 2008.

_____. **Norma Técnica 16076**. Localização de Defeito e Restabelecimento de Redes de Distribuição de Energia. jun. 2014.

CYRILLO, I. O. **Estabelecimento de metas de qualidade na distribuição de energia elétrica por otimização da rede e do nível tarifário**. 2011. 124 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Potência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

DELBEM, A. C. B.; CARVALHO, A. C. Pd. L. F.; BRETAS, N. G. Main Chain Representation for Evolutionary Algorithms Applied to Distribution System Reconfiguration. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 20, n. 1, p. 425-436, fev. 2005.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER NETO, G.; NORONHA, S. M. **Apoio à Decisão: Metodologias para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO RIO DE JANEIRO. FIRJAN. **Propostas para melhorar a qualidade de energia elétrica para a indústria no Brasil**. Pesquisas e Estudos Socioeconômicos, Ambiente de Negócios, 2016.

FRAGOAS, A. G. **Estudo de caso do uso de bancos de capacitores em uma rede de distribuição primária**: indicativos da sua viabilidade econômica. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008.

GOODRICH, M. T.; TAMASSIA, R. **Algorithm design**: foundations, analysis, and internet examples. New Jersey: John Wiley & Sons, 2001.

KAGAN, N.; SCHMIDT, H. P.; OLIVEIRA, C. C. B.; KAGAN, H. **Métodos de Otimização Aplicados a Sistemas Elétricos de Potência**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2009.

KIM, I. Y.; WECK, O. L. Variable chromosome length genetic algorithm for progressive refinement in topology optimization. **Structural and Multidisciplinary Optimization**, v. 29, n. 6, p. 445–456, 2005.

KLEINBERG, M.; MIU, K.; CHIANG, H. D. Service restoration of power distribution systems incorporating load curtailment. Circuits and Systems, 2009. ISCAS 2009. **IEEE International Symposium**, p. 1709–1712, 2009.

KOZA, J. R. **Genetic programming**: on the programming of computers by means of natural selection. Londres: MIT Press, 1992.

LINDEN, R. **Algoritmos genéticos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2012.

MARINS, C. S.; SOUZA, D. O.; BARROS, M. S. O Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na Tomada de Decisões Gerenciais: Um Estudo de Caso. **XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, p. 1778–1788, 2009.

NEXANS. **RWE Deutschland, Nexans and KIT launch “AmpaCity” project**: the world’s longest superconductor system to replace inner-city high-voltage cable. 2012. Disponível em: <https://www.nexans.com/eservice/Corporate-en/navigatepub_0_-31642/RWE_Deutschland_Nexans_and_KIT_launch_AmpaCity_pro.html>. Acesso em: 04 mai. 2017.

PAWAR, S. N.; BICHKAR, R. S. Genetic algorithm with variable length chromosomes for network intrusion detection. **International Journal of Automation and Computing**, v. 12, n. 3, p. 337–342, jun. 2015.

RAMANA, T.; GANESH, V.; SIVANAGARAJU, S. Simple and fast load flow solution for electrical power distribution systems. **International Journal on Electrical Engineering and Informatics**, v. 5, n. 3, p. 245–255, Set. 2013.

RESE, A. L. R. **Reconfiguração de redes de distribuição de energia elétrica considerando múltiplos objetivos** – uma abordagem visando a avaliação do desempenho de operadores. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Universidade do Vale do Itajaí, mar. 2011.

ROMERO, R.; FRANCO, J. F.; LEÃO, F. B.; RIDER, M. J.; SOUZA, E. S. A New Mathematical Model for the Restoration Problem in Balanced Radial Distribution Systems. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 31, n. 2, p. 1259-1268, mar. 2016.

SAATY, T. L. How to make decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990.

SAMPAIO, P. R. **Teoria, métodos e aplicações de otimização multiobjetivo**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, mar. 2011.

SCHILD, H. **C Completo e Total**. 3. ed. São Paulo: Pearson, 1997.

SHORT, T. A. **Electric Power Distribution Handbook**. New York: CRC Press, 2004.

SICA, E. T.; ARANHA NETO, E. A. C.; SPERANDIO, M.; CAMARGO, C. B.; COELHO, J.; RAMOS, R. Modelaje Multicriterio y Sistema de Apoyo a la Decisión y Ubicación de Llaves en la Red de Distribución. **Congreso Internacional de Distribución Eléctrica**, Buenos Aires, 2006.

SPERANDIO, M. **Planejamento da Automação de Sistemas de Manobra em Redes de Distribuição**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, dez. 2008.

TENFEN, D. **Alocação Ótima de Chaves Telecomandadas em Redes de Distribuição com Multi-Objetivo via Algoritmos Genéticos de Pareto**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

TORRES, V. R. C.; ENCARNAÇÃO, L. F.; FARDIN, J. F.; DONADEL, C. B.; FIOROTTI, R. Reconfiguração ótima da rede de distribuição: Metodologias e desafios. **III Congresso de Las Americas de Distribución Eléctrica**, Cordoba, 2016.

VIEIRA, M. F. Q.; DIAS, S. E. C.; TORRES FILHO, F.; SILVA NETTO, A. V.; AGUIAR, Y. P. C. Composição de cenários de treinamento de operadores do sistema elétrico baseados no estudo do relatório de ocorrências. **XXII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE**, Foz do Iguaçu, 2015.

WILLIS, H. L. **Power Distribution Planning Reference Book**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2004.

WOLPERT, D. H.; MACREADY, W. G. No free lunch theorems for optimization. **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**, v. 1, n. 1, p. 67–82, 1997.

APÊNDICE A – FLUXO DE CARGA

Este apêndice apresenta o código desenvolvido em Linguagem C para a realização dos fluxos de carga necessários para a obtenção de subsídios às funções de avaliação da metodologia de otimização proposta.

A.1 CÓDIGO EM LINGUAGEM C DO FLUXO DE CARGA PELO MÉTODO DA SOMA DAS POTÊNCIAS (MSP)

```

#ifndef FLUXO_C_INCLUDED
#define FLUXO_C_INCLUDED

// Funções principais do fluxo de potência
int  fluxoCkts( Rede* rede );
int  fPot0( Node* N, Ramo* R, int* stamp );
void  fPot( Node* N, Ramo* R, double Vant );

int  fluxoCkts( Rede* rede )
{
    Ckt *C; // ponteiro auxiliar do alimentador
    Node *N; // ponteiro auxiliar do nó
    Ramo *R; // ponteiro auxiliar do ramo

    int iter; // número da iteração

    // Variáveis auxiliares de verificação de con-
    // vergência
    double chk_Pac, chk_diff;

    // "stamp" é uma variável utilizada para registrar a passagem pelos nós da rede a cada
    // execução, e permite identificar o anelamento. Cada execução do fluxo de carga utiliza
    // um "stamp" diferente. Para evitar desperdício computacional, somente a 1. iteração
    // realiza a verificação de anelamento.

        static int stamp = 0;
        stamp++;

    // guarda as violações de tensão e carregamento
    static Limite L;

    // guarda informação de violação de anelamento, e
    // é a variável de retorno da função
    int status = 0;

    static int aux = 0; // variável auxiliar

    // ponteiro p/ 1. alimentador (do defeito)
    C = rede->first_ckt;

    while(C) {

        // ponteiro p/ um primeiro ramo do alimentador
        R = C->first_ramo;

        // Todos alimentadores partem de um nó 0
        // comum inicial (C->first_ramo->n1) para o
        // primeiro nó dos ramos da rede (C->first_ramo->n2)
        N = R->n2;

        // Limpa conteúdo da variável L para o próximo
        // alimentador
        memset( &L, 0, sizeof( Limite ) );

        chk_Pac = chk_diff = 0;

        // Reset para a primeira iteração do fluxo de
        // carga do alimentador
        iter = 1;

        // Se o ramo está fechado (ligado)
        // Condutores = 1, Demais= 0 ou 1
        if( R->estado ) {

            // Executa o fluxo de carga de 1. iteração , que não

```

```

// considera perdas e portanto não verifica violações
// de tensão e carregamento, mas que verifica se há
// anelamento (sim=1)
aux = fPot0( N, R, &stamp);

// Se houver anelamento
if( aux ) {
    // Zera as variáveis de carga do alimentador
    N->SumP = 0; // potência ativa acumulada
    N->SumQ = 0; // potência reativa acumulada
    N->Pac = 0; // potência ativa c/ perdas acumulada
    N->Qac = 0; // potência reativa c/ perdas acumulada

    N->Qtdeprior = 0; // número de clientes prioritários

    C->Lim = L; // zera violações de tensão e carregamento (L=0)
    C = C->next; // avança ponteiro ao próximo alimentador

    status += 1; // variável de retorno da função
    // (status>0 significa anelamento)

    continue; // interrompe fluxo de carga do alimentador atual
}

// Armazena valores iniciais das variáveis não calculadas na 1. iteração
N->Pac = N->SumP;
N->Qac = N->SumQ;

// Armazena 1. valor acumulado da potência ativa c/ perdas do alimentador
chk_diff = fabs( N->Pac );

// Enquanto a diferença for maior que o erro máximo admissível,
// e o número de iterações menor que um certo limite
while( ( chk_diff > MAX_ERRO_FLUXO ) && ( iter <= MAX_NUM_ITERACOES ) ) {
    iter++; // nova iteração

    chk_Pac = N->Pac; // auxiliar

    // Executa o fluxo de carga da 2. iteração em
    // diante, sem verificar o anelamento, nem as
    // potências ativa e reativa antes de perdas.
    fPot( N, R, N->V );

    // Verifica a diferença entre as iterações atual e anterior
    // para a potência ativa acumulada c/ perdas (ou seja, a
    // diferença entre as perdas ativas totais)
    chk_diff = fabs( chk_Pac - N->Pac );
}

// Executa verificação de violações somente se houverem perdas
// entre a 1. e 2. iterações (garantido pelo laço while anterior)
if( iter > 1 ) {
    // Verifica se algum limite de tensão ou carregamento
    // foi violado
    fluxoLimites( N, R, &L );
}

// Se o ramo atual (1. ramo do alimentador) está aberto (desligado)
} else {
    N->SumP = N->SumQ = N->Pac = N->Qac = 0;
    N->Qtdeprior = 0;
}

// Salva as informações sobre violações dos limites de tensão e carregamento
C->Lim = L;
C = C->next; // avança o ponteiro ao próximo alimentador
}

return status; // retorna status=0 (sem anelamento) ou 1 (com anelamento)
}

// Função recursiva inicial do fluxo de carga baseada em busca exploratória
// (apenas 1. iteração)
int fPot0( Node* N, Ramo* R, int* stamp )
{
    Node* NN;
    Ramo* RR;
    int i;
    static double A, B, C, D, E, F, V;
    double SumP, SumQ;
    int Qtdeprior;

```

```

SumP = N->ptot;
SumQ = N->qtot;

N->stamp = *stamp;

Qtdeprior = N->num_prior;

if( N->qtde_conx > 1 ) {
    for( i = 0; i < N->qtde_conx; i++ ) {
        RR = N->conx[i];
        if( RR != R ) {
            if( RR->func == 0 ) return 1;
            if( RR->estado ) {
                if( RR->elemnr == 0 ) return 1;
                if( RR->n1 == N ) {
                    NN = RR->n2;
                } else {
                    NN = RR->n1;
                }
                if( NN->stamp == *stamp ) return 1;
                if( fPot0( NN, RR, stamp ) ) return 1;

                SumP += NN->SumP; // potência ativa de cargas
                SumQ += NN->SumQ; // potência reativa de cargas

                Qtdeprior += NN->Qtdeprior;
            }
        }
    }
}

N->SumP = SumP;
N->SumQ = SumQ;
N->Qtdeprior = Qtdeprior;

// Cálculo da tensão (backward)
A = SumP * R->R;
B = SumP * R->X;
C = SumQ * R->R;
D = SumQ * R->X;
E = ( A + D ) * 2 - (double)( TENSAO_AJUSTADA * TENSAO_AJUSTADA );
F = A * A + B * B + C * C + D * D;

// V é a tensão no nó "N"
V = sqrt( - E/2 + sqrt( E * E / 4 - F ) );

N->V = V;

return 0;
}

// Função recursiva principal do fluxo de carga baseada em busca exploratória
// (2. iteração em diante)

void fPot( Node* N, Ramo* R, double Vant )
{
    Node* NN;
    Ramo* RR;

    int i;
    static double A, B, C, D, E, F, V, II, Icap;
    double Pac, Qac;

    Pac = N->ptot;
    Qac = N->qtot;

    // Soma a potência do banco de capacitores somente se este for do tipo de controle fixo
    // e NF, ou se for do tipo de controle por corrente e estiver fechado (ligado), onde:
    // capst = 1 (NF) / 0 (NA)
    // capctrl = 0 (controle fixo), 1 (corrente)
    // caponoff = 0 (desligado), 1 (ligado)
    if( (N->capst==1) && ( (N->capctrl == 1) || (N->caponoff == 1) ) ) {
        Qac -= N->capkvar * ( N->V * N->V );
    }

    if( N->qtde_conx > 1 ) {
        for( i = 0; i < N->qtde_conx; i++ ) {

```

```

RR = N->conx[i];
if( RR != R ) {
    if( RR->estado ) {
        if( RR->n1 == N ) {          NN = RR->n2;
        } else {                    NN = RR->n1;
        }
    }
    // Chamada recursiva da função
    fPot( NN, RR, N->V );
    // Módulo da Corrente ao quadrado (II)
    II = ( ( NN->Pac * NN->Pac ) + ( NN->Qac + NN->Qac ) ) / ( NN->V * NN->V );
    // Habilita ou desabilita o banco de capacitores em função da carga —
    // 0.16 = (0.40^2), 0.36 = (0.60)^2
    if( ( NN->capctrl == 0 ) && ( NN->capst == 1 ) ) {
        lcap = II / ( RR->lmax * RR->lmax );
        if( ( ( lcap < 0.16 ) && ( NN->caponoff == 1 ) ) || ( ( lcap > 0.36 ) && ( NN->
caponoff == 0 ) ) ) {
            NN->caponoff = 1 - NN->caponoff;
        }
    }
    // Pac é a potência ativa acumulada (com perdas)
    // RR->R é a resistência em pu
    Pac += NN->Pac + RR->R * II;
    // Qac é a potência ativa acumulada
    // RR->X é a reatância em pu
    Qac += NN->Qac + RR->X * II;
}
}
}
}
}
A = Pac * R->R;
B = Pac * R->X;
C = Qac * R->R;
D = Qac * R->X;
E = ( A + D ) * 2 - ( Vant * Vant );
F = A * A + B * B + C * C + D * D;
// V é a tensão no nó "N"
V = sqrt( - E/2 + sqrt( E * E / 4 - F ) );
N->Pac = Pac;
N->Qac = Qac;
N->V = V;
return;
}
#endif

```

APÊNDICE B – DADOS DE MODELAGEM DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Este apêndice apresenta os dados de modelagem da rede de distribuição do estudo de caso do item 4, bem como as informações operacionais de carregamento dos transformadores no momento da contingência.

B.1 ALIMENTADORES

Os alimentadores envolvidos na contingência são relacionados a seguir, sendo que:

SEQ é um número sequencial;

ID é um número de identificação atribuído ao alimentador (0=alimentador do defeito);

ALIM é o nome do alimentador.

SEQ	ID	ALIM
1	0	MAZ10
2	1	MAZ11
3	2	MAZ09
4	3	MAZ06
5	4	HOR13
6	5	HOR15

B.2 RAMOS

A seguir é apresentada a lista de ramos dos alimentadores já reduzida aos seus pontos notáveis, onde:

NO1 é um número atribuído ao nó numa ponta;

NO2 é um número atribuído ao nó noutra ponta;

EL é o número de identificação do elemento (0=disjuntor, 1=religador, 3=chave manual, 4=chave fusível, 8=condutor aéreo e 9=condutor subterrâneo);

NUMEQUIP é o número de identificação do elemento de manobra ou proteção;

ST é o estado normal do ramo (0=NA ou 1=NF);

R1 é a resistência do ramo (Ω);

X1 é a reatância indutiva do ramo (Ω);

IMAX é a máxima corrente (A) admitida pelo ramo (condutor ou elemento);

AL é o número de identificação do alimentador (veja o item B.1);

FR identifica se o ramo faz fronteira com outro alimentador (0=não, 1=sim).

O sistema é considerado trifásico equilibrado, conforme mencionado no item

3.2.4.

NO1	NO2	EL	NUMEQUIP	ST	R1	X1	IMAX	AL	FR
1	1563	0		1	0.000000	0.000000	NULL	0	0
1563	1557	8		1	0.016539	0.037586	522	0	0
1557	1556	3	30237	1	0.000203	0.000570	522	0	0
1556	1552	8		1	0.003937	0.011072	522	0	0
1552	1534	8		1	0.014233	0.040029	522	0	0
1534	1536	8		1	0.001089	0.003062	522	0	0
1534	1523	8		1	0.006771	0.019044	522	0	0
1523	1522	3	30238	0	0.000203	0.000570	400	0	1
1534	1530	8		1	0.001728	0.004860	522	0	0
1530	1529	3	30239	1	0.000202	0.000569	522	0	0
1529	1508	8		1	0.008880	0.024974	522	0	0
1508	1462	8		1	0.015802	0.044445	522	0	0
1462	1468	8		1	0.019684	0.009480	151	0	0
1468	1469	4	30240	1	0.001427	0.000688	100	0	0
1469	1487	8		1	0.035386	0.017066	151	0	0
1487	1455	8		1	0.051145	0.024509	151	0	0
1455	1471	8		1	0.105523	0.050651	151	0	0
1471	1479	8		1	0.012430	0.005995	151	0	0
1471	1383	8		1	0.185445	0.088661	151	0	0
1471	1484	8		1	0.015403	0.007428	151	0	0
1487	1489	8		1	0.007228	0.003486	151	0	0
1487	1514	8		1	0.086683	0.041804	151	0	0
1462	1435	8		1	0.006797	0.019116	522	0	0
1435	1368	8		1	0.018975	0.053369	522	0	0
1368	1357	8		1	0.003747	0.010539	522	0	0
1357	1351	8		1	0.017966	0.008664	151	0	0
1351	1349	4	30241	1	0.001427	0.000688	100	0	0
1349	1334	8		1	0.040864	0.019536	151	0	0
1334	1321	8		1	0.032655	0.015597	151	0	0
1321	1308	8		1	0.034826	0.016634	151	0	0
1308	1325	8		1	0.114241	0.054925	151	0	0
1325	1348	8		1	0.036463	0.017416	151	0	0
1308	1394	8		1	0.147429	0.070825	151	0	0
1394	1483	8		1	0.170657	0.081814	151	0	0
1334	1407	8		1	0.124324	0.059821	151	0	0
1407	1486	8		1	0.159357	0.076263	151	0	0
1486	1499	8		1	0.035672	0.017038	151	0	0
1357	1358	8		1	0.009108	0.004392	151	0	0
1357	1318	8		1	0.007885	0.022180	522	0	0
1318	1296	8		1	0.006958	0.019571	522	0	0
1296	1235	8		1	0.018763	0.052776	522	0	0
1235	1199	8		1	0.008405	0.015528	522	0	0
1199	1198	1	559677	0	0.000277	0.000405	575	0	1
1235	1273	8		1	0.010969	0.030849	522	0	0
1273	1275	3	977680	1	0.000203	0.000571	522	0	0
1275	1340	8		1	0.021089	0.059315	522	0	0
1340	1350	8		1	0.001660	0.004669	522	0	0
1340	1347	8		1	0.001169	0.003289	522	0	0
1340	1311	8		1	0.006906	0.019422	522	0	0
1311	1279	8		1	0.014003	0.039384	522	0	0
1279	1251	8		1	0.008823	0.024814	522	0	0
1251	1231	8		1	0.013676	0.038465	522	0	0
1231	1317	8		1	0.033427	0.094008	522	0	0
1317	1309	8		1	0.015508	0.007479	151	0	0
1317	1336	8		1	0.023326	0.011249	151	0	0
1336	1387	8		1	0.097621	0.048815	151	0	0
1387	1386	4	953378	1	0.000864	0.000444	100	0	0
1386	1381	8		1	0.013042	0.006702	310	0	0
1317	1369	8		1	0.014641	0.041176	522	0	0
1369	1395	8		1	0.008806	0.024767	522	0	0
1395	1396	3	30248	1	0.000202	0.000569	522	0	0
1396	1406	8		1	0.001948	0.005480	522	0	0
1406	1413	8		1	0.012673	0.006112	151	0	0
1413	1418	8		1	0.006519	0.003114	151	0	0
1413	1409	8		1	0.009807	0.004730	151	0	0
1409	1408	4	571692	1	0.001430	0.000690	100	0	0
1408	1400	8		1	0.023423	0.011296	151	0	0
1406	1393	8		1	0.018192	0.008773	151	0	0
1393	1390	4	30249	1	0.001442	0.000689	100	0	0

1390	1371	8		1	0.036942	0.017645	151	0	0
1371	1299	8		1	0.113133	0.054037	151	0	0
1299	1287	8		1	0.032009	0.015437	151	0	0
1287	1270	8		1	0.060663	0.029255	151	0	0
1270	1265	8		1	0.004476	0.002158	151	0	0
1270	1341	8		1	0.145665	0.069722	151	0	0
1270	1239	8		1	0.067299	0.032456	151	0	0
1287	1285	8		1	0.005352	0.002581	151	0	0
1287	1289	8		1	0.005596	0.002673	151	0	0
1406	1410	8		1	0.001968	0.005537	522	0	0
1410	1286	8		1	0.041610	0.085894	420	0	0
1286	1238	8		1	0.025925	0.053517	420	0	0
1238	1312	8		1	0.158694	0.075881	151	0	0
1238	1210	8		1	0.013807	0.026027	420	0	0
1286	1283	8		1	0.003249	0.006707	420	0	0
1410	1412	3	425792	1	0.000203	0.000570	400	0	0
1412	1425	8		1	0.007856	0.022099	522	0	0
1425	1456	8		1	0.011125	0.022966	420	0	0
1456	1457	3	8988	1	0.000286	0.000589	400	0	0
1457	1577	8		1	0.058133	0.120003	420	0	0
1577	1571	8		1	0.012919	0.015354	575	0	0
1577	1583	8		1	0.008640	0.017836	420	0	0
1583	1584	3	420443	0	0.000285	0.000589	400	0	1
1583	1590	8		1	0.006264	0.012931	420	0	0
1590	1591	3	8994	1	0.000286	0.000590	400	0	0
1591	1611	8		1	0.026942	0.055615	420	0	0
1611	1617	8		1	0.006584	0.013592	420	0	0
1617	1620	8		1	0.007555	0.015595	420	0	0
1620	1626	8		1	0.010119	0.020887	420	0	0
1626	1627	8		1	0.038179	0.018412	151	0	0
1627	1628	3	7386	1	0.001428	0.000689	151	0	0
1628	1644	8		1	0.372752	0.179764	151	0	0
1644	1643	3	398563	1	0.000899	0.000662	202	0	0
1643	1641	8		1	0.013787	0.010160	202	0	0
1644	1665	8		1	0.320472	0.154552	151	0	0
1665	1664	3	8997	1	0.001426	0.000688	151	0	0
1664	1654	8		1	0.070519	0.034009	999	0	0
1665	1670	8		1	0.114592	0.055263	151	0	0
1626	1630	8		1	0.017274	0.035659	420	0	0
1630	1631	3	8996	0	0.000287	0.000592	400	0	1
1620	1621	4	8995	1	0.000286	0.000591	100	0	0
1621	1623	8		1	0.008290	0.017113	999	0	0
1425	1310	8		1	0.038688	0.079862	420	0	0
1310	1284	8		1	0.012021	0.024811	420	0	0
1284	1268	8		1	0.008161	0.016846	420	0	0
1268	1266	8		1	0.006240	0.003009	151	0	0
1268	1255	8		1	0.006230	0.012861	420	0	0
1255	1253	1	519995	1	0.000286	0.000591	420	0	0
1253	1228	8		1	0.007050	0.014550	420	0	0
1228	1184	8		1	0.015458	0.022341	420	0	0
1184	1039	8		1	0.090057	0.116037	522	0	0
1039	1114	8		1	0.041957	0.118016	522	0	0
1114	1115	3	425791	1	0.000203	0.000570	400	0	0
1115	1161	8		1	0.082450	0.231916	522	0	0
1161	919	8		1	0.092333	0.259716	522	0	0
919	918	3	443767	1	0.000203	0.000571	400	0	0
918	856	8		1	0.030648	0.075906	420	0	0
856	857	4	423981	1	0.001434	0.000692	100	0	0
857	867	8		1	0.023610	0.011386	151	0	0
856	821	8		1	0.015222	0.031423	420	0	0
821	819	1	559667	0	0.000286	0.000590	420	0	1
1039	1006	8		1	0.092900	0.045051	153	0	0
1006	1005	4	30258	1	0.001432	0.000691	100	0	0
1005	991	8		1	0.024684	0.011904	151	0	0
991	974	8		1	0.029073	0.014021	151	0	0
974	952	8		1	0.079560	0.025111	113	0	0
952	951	4	24726	1	0.002432	0.000770	100	0	0
951	654	8		1	1.474145	0.466875	116	0	0
974	975	4	30259	1	0.001428	0.000688	100	0	0
975	987	8		1	0.078299	0.037761	999	0	0
1184	1221	8		1	0.024351	0.018070	310	0	0
1221	1222	3	30254	1	0.000865	0.000445	310	0	0
1222	1232	8		1	0.018459	0.009486	310	0	0
1232	1248	8		1	0.023065	0.011853	310	0	0
1248	1242	8		1	0.007297	0.003750	310	0	0
1242	1241	3	567774	1	0.000864	0.000444	310	0	0

1241	1234	8		1	0.004854	0.002494	999	0	0
1248	1278	8		1	0.051411	0.026420	310	0	0
1278	1276	8		1	0.003194	0.001641	310	0	0
1278	1290	8		1	0.038889	0.019985	310	0	0
1290	1301	8		1	0.031810	0.016347	310	0	0
1301	1320	8		1	0.045566	0.022329	151	0	0
1320	1375	8		1	0.139780	0.066764	151	0	0
1375	1370	8		1	0.003995	0.001908	151	0	0
1370	1367	4	30255	1	0.001436	0.000693	100	0	0
1367	1356	8		1	0.026891	0.012968	151	0	0
1356	1354	4	30264	1	0.001432	0.000691	100	0	0
1354	1331	8		1	0.031692	0.015284	151	0	0
1375	1401	8		1	0.072372	0.034864	151	0	0
1401	1402	3	30256	1	0.001428	0.000689	151	0	0
1402	1405	8		1	0.006621	0.003193	151	0	0
1405	1382	8		1	0.145499	0.069586	151	0	0
1405	1439	8		1	0.074592	0.035973	151	0	0
1439	1458	8		1	0.033248	0.015881	151	0	0
1458	1477	8		1	0.028770	0.013742	151	0	0
1477	1501	8		1	0.157132	0.075154	151	0	0
1501	1518	8		1	0.192944	0.092749	151	0	0
1518	1525	8		1	0.030644	0.014637	151	0	0
1477	1502	8		1	0.059155	0.028528	151	0	0
1502	1517	8		1	0.163442	0.078531	151	0	0
1517	1547	8		1	0.228323	0.109822	151	0	0
1547	1550	8		1	0.029796	0.014232	151	0	0
1502	1520	8		1	0.061380	0.029601	151	0	0
1520	1524	8		1	0.005236	0.002525	151	0	0
1524	1526	4	30257	1	0.001427	0.000688	100	0	0
1526	1541	8		1	0.055260	0.026514	151	0	0
1541	1561	8		1	0.125094	0.059864	151	0	0
1561	1582	8		1	0.259716	0.124193	151	0	0
1582	1595	8		1	0.186564	0.089247	151	0	0
1595	1597	8		1	0.034530	0.016493	151	0	0
1541	1551	8		1	0.023054	0.011011	151	0	0
1551	1569	8		1	0.038999	0.018808	151	0	0
1569	1572	8		1	0.014980	0.007224	151	0	0
1572	1573	4	529000	1	0.001448	0.000692	100	0	0
1573	1579	8		1	0.086638	0.041381	151	0	0
1579	1592	8		1	0.232725	0.111615	151	0	0
1592	1603	8		1	0.186045	0.089151	151	0	0
1603	1608	8		1	0.122724	0.059052	151	0	0
1608	1612	8		1	0.033541	0.016020	151	0	0
1569	1568	8		1	0.015128	0.007296	151	0	0
1569	1589	8		1	0.181140	0.086917	151	0	0
1589	1600	8		1	0.165859	0.079368	151	0	0
1600	1601	8		1	0.045562	0.021816	151	0	0
1601	1598	8		1	0.018535	0.008853	151	0	0
1601	1605	8		1	0.143217	0.068644	151	0	0
1605	1609	8		1	0.079019	0.037829	151	0	0
1609	1613	8		1	0.021969	0.010493	151	0	0
1613	1614	4	314235	1	0.001449	0.000692	100	0	0
1614	1616	8		1	0.008277	0.003992	151	0	0
1609	1619	8		1	0.121410	0.058308	151	0	0
1619	1622	8		1	0.030821	0.014721	151	0	0
1609	1606	8		1	0.021737	0.010483	151	0	0
1601	1635	8		1	0.280046	0.133761	151	0	0
1635	1651	8		1	0.099485	0.047518	151	0	0
1651	1650	3	935068	1	0.001439	0.000687	100	0	0
1650	1647	8		1	0.008306	0.003967	100	0	0
1520	1535	8		1	0.098073	0.046979	151	0	0
1535	1565	8		1	0.242877	0.116007	151	0	0
1565	1580	8		1	0.187388	0.089789	151	0	0
1580	1581	8		1	0.031667	0.015125	151	0	0
1439	1474	8		1	0.179438	0.085706	151	0	0
1474	1472	8		1	0.107779	0.051665	151	0	0
1472	1470	4	30247	1	0.001430	0.000689	100	0	0
1470	1466	8		1	0.017985	0.008674	151	0	0
1466	1449	8		1	0.033423	0.015964	151	0	0
1466	1430	8		1	0.070661	0.033932	151	0	0
1472	1448	8		1	0.087930	0.027848	116	0	0
1448	1447	4	30265	1	0.002430	0.000769	100	0	0
1447	1442	8		1	0.032910	0.010422	116	0	0
1442	1417	8		1	0.340946	0.107980	116	0	0
1417	1379	8		1	0.142175	0.045028	116	0	0
1379	1377	3	522685	1	0.002428	0.000769	116	0	0

1377	1314	8		1	0.223068	0.070648	116	0	0
1314	1313	4	478173	1	0.001599	0.000775	100	0	0
1313	1298	8		1	0.082518	0.040016	153	0	0
1314	1432	8		1	0.676683	0.214312	116	0	0
1417	1431	8		1	0.067619	0.021416	116	0	0
1405	1397	8		1	0.008077	0.003895	151	0	0
1375	1419	8		1	0.081474	0.038915	151	0	0
1301	1300	3	980612	1	0.000865	0.000445	310	0	0
1300	1295	8		1	0.009012	0.004631	310	0	0
1278	1294	8		1	0.032316	0.016607	310	0	0
1294	1293	8		1	0.016562	0.007987	151	0	0
1294	1297	8		1	0.004290	0.002204	310	0	0
1294	1328	8		1	0.080643	0.038579	151	0	0
1268	1280	8		1	0.048059	0.023025	151	0	0
1310	1338	8		1	0.071281	0.034046	151	0	0
1338	1339	4	30252	1	0.001448	0.000692	50	0	0
1339	1362	8		1	0.065144	0.031115	151	0	0
1362	1399	8		1	0.101928	0.048685	151	0	0
1399	1437	8		1	0.134885	0.064426	151	0	0
1410	1476	8		1	0.023773	0.049075	420	0	0
1476	1500	8		1	0.009635	0.019890	420	0	0
1500	1537	8		1	0.022341	0.046117	420	0	0
1537	1538	1	561998	0	0.000285	0.000589	420	0	1
1476	1427	8		1	0.161711	0.077509	151	0	0
1427	1420	8		1	0.032440	0.015495	151	0	0
1231	1230	3	515124	1	0.001429	0.000689	151	0	0
1230	1223	8		1	0.014756	0.007116	151	0	0
1251	1236	8		1	0.026778	0.012790	151	0	0
1236	1220	8		1	0.031157	0.014882	151	0	0
1279	1260	8		1	0.048201	0.023099	151	0	0
1260	1244	8		1	0.031407	0.015001	151	0	0
1235	1226	8		1	0.002260	0.006357	522	0	0
1226	1224	3	579098	1	0.001451	0.000693	151	0	0
1224	1191	8		1	0.044836	0.021486	151	0	0
1191	1183	8		1	0.024627	0.011877	151	0	0
1183	1145	8		1	0.128709	0.061764	151	0	0
1191	1243	8		1	0.081752	0.039134	151	0	0
1191	1170	8		1	0.052914	0.025396	151	0	0
1170	1153	8		1	0.062977	0.030080	151	0	0
1153	1112	8		1	0.122007	0.058275	151	0	0
1112	1099	8		1	0.032337	0.015595	151	0	0
1153	1137	8		1	0.065243	0.031162	151	0	0
1137	1128	8		1	0.029300	0.013995	151	0	0
1128	1070	8		1	0.135681	0.079025	151	0	0
1070	1044	8		1	0.062580	0.030180	151	0	0
1044	1045	4	586834	1	0.000900	0.000663	202	0	0
1045	1048	8		1	0.007950	0.005858	202	0	0
1044	938	8		1	0.256647	0.123771	151	0	0
1070	924	8		1	0.357025	0.172180	151	0	0
924	922	8		1	0.147229	0.071003	151	0	0
922	923	3	30744	1	0.001432	0.000691	151	0	0
923	926	8		1	0.019050	0.009187	999	0	0
922	936	8		1	0.035540	0.017140	151	0	0
936	935	3	311028	1	0.001434	0.000692	151	0	0
935	934	8		1	0.014950	0.007210	999	0	0
924	925	3	992127	1	0.001428	0.000688	151	0	0
925	930	8		1	0.015460	0.007456	151	0	0
1137	1090	8		1	0.125991	0.060177	151	0	0
1170	1141	8		1	0.094571	0.045171	151	0	0
1141	1135	8		1	0.033141	0.015983	151	0	0
1318	1303	8		1	0.042200	0.020352	151	0	0
1303	1302	4	30242	1	0.001429	0.000689	100	0	0
1302	1291	8		1	0.062278	0.029760	151	0	0
1291	1274	8		1	0.075911	0.036304	151	0	0
1274	1246	8		1	0.054629	0.026346	151	0	0
1246	1282	8		1	0.122366	0.058507	151	0	0
1282	1288	8		1	0.035345	0.016882	151	0	0
1246	1219	8		1	0.053441	0.025622	151	0	0
1219	1194	8		1	0.034819	0.016631	151	0	0
1246	1201	8		1	0.062378	0.030083	151	0	0
1201	1227	8		1	0.051483	0.024662	151	0	0
1201	1192	8		1	0.006943	0.003348	151	0	0
1201	1182	8		1	0.049486	0.023714	151	0	0
1274	1240	8		1	0.088231	0.042245	151	0	0
1240	1206	8		1	0.074990	0.035818	151	0	0
1206	1256	8		1	0.062411	0.029810	151	0	0

1256	1272	8		1	0.031544	0.015067	151	0	0
1206	1174	8		1	0.051989	0.024928	151	0	0
1174	1176	8		1	0.011924	0.005750	151	0	0
1176	1177	4	30261	0	0.001428	0.000688	151	0	1
1174	1169	8		1	0.018242	0.008797	151	0	0
1174	1168	8		1	0.012055	0.005814	151	0	0
1	1562	0		1	0.000000	0.000000	NULL	1	0
1562	1516	8		1	0.042274	0.050240	575	1	0
1516	1515	3	561558	1	0.000323	0.000383	575	1	0
1515	1380	8		1	0.061476	0.088472	575	1	0
1380	1389	8		1	0.006891	0.008712	575	1	0
1389	1392	3	561559	1	0.000279	0.000407	575	1	0
1392	1473	8		1	0.055419	0.078687	575	1	0
1473	1544	8		1	0.055413	0.079388	575	1	0
1544	1538	8		1	0.003383	0.006983	420	1	0
1544	1574	8		1	0.016304	0.033657	420	1	0
1473	1480	8		1	0.001185	0.001408	575	1	0
1480	1428	8		1	0.029307	0.037991	575	1	0
1428	1411	8		1	0.021188	0.026739	575	1	0
1480	1543	8		1	0.053193	0.074200	575	1	0
1543	1540	8		1	0.008124	0.003881	151	1	0
1540	1539	4	8986	1	0.001448	0.000692	100	1	0
1539	1527	8		1	0.100816	0.048154	151	1	0
1527	1512	8		1	0.117212	0.055985	151	1	0
1527	1492	8		1	0.137425	0.065793	151	1	0
1492	1459	8		1	0.070976	0.033901	151	1	0
1543	1546	8		1	0.012640	0.006096	151	1	0
1543	1558	8		1	0.007304	0.010089	575	1	0
1558	1564	8		1	0.002596	0.003085	575	1	0
1564	1560	8		1	0.023179	0.011178	151	1	0
1560	1559	4	8990	1	0.001445	0.000690	100	1	0
1559	1555	8		1	0.025398	0.012131	151	1	0
1555	1549	8		1	0.043559	0.020805	151	1	0
1549	1533	8		1	0.141640	0.067652	151	1	0
1555	1554	4	8991	1	0.000898	0.000662	100	1	0
1554	1545	8		1	0.014469	0.010662	202	1	0
1564	1566	8		1	0.006272	0.003025	151	1	0
1564	1585	8		1	0.027978	0.033250	575	1	0
1585	1639	8		1	0.132453	0.157414	575	1	0
1639	1702	8		1	0.264620	0.314486	575	1	0
1702	1700	3	395596	1	0.000322	0.000383	400	1	0
1700	1699	8		1	0.006051	0.007192	999	1	0
1585	1584	8		1	0.000497	0.001027	420	1	0
1380	1376	8		1	0.001155	0.001373	575	1	0
1380	1372	8		1	0.002395	0.002847	575	1	0
1	1567	0		1	0.000000	0.000000	NULL	2	0
1567	1576	8		1	0.028344	0.039716	575	2	0
1576	1575	3	399138	1	0.000279	0.000407	575	2	0
1575	1532	8		1	0.047346	0.069109	575	2	0
1532	1506	8		1	0.027628	0.040328	575	2	0
1506	1496	8		1	0.013190	0.019252	575	2	0
1496	1495	3	982492	1	0.000279	0.000407	400	2	0
1495	1426	8		1	0.044765	0.065340	575	2	0
1426	1404	8		1	0.014017	0.039419	522	2	0
1404	1361	8		1	0.018969	0.053349	522	2	0
1361	1332	8		1	0.015311	0.043059	522	2	0
1332	1319	8		1	0.003969	0.011161	522	2	0
1319	1277	8		1	0.029575	0.083188	522	2	0
1277	1267	8		1	0.022315	0.010761	151	2	0
1267	1264	4	8930	1	0.001441	0.000688	100	2	0
1264	1225	8		1	0.132706	0.063681	151	2	0
1277	1233	8		1	0.008384	0.023581	522	2	0
1233	1213	8		1	0.009093	0.025575	522	2	0
1213	1197	8		1	0.004430	0.012459	522	2	0
1197	1193	4	8936	1	0.000903	0.000665	100	2	0
1193	1173	8		1	0.029846	0.021993	202	2	0
1197	1185	8		1	0.004504	0.012668	522	2	0
1185	1179	8		1	0.006867	0.019311	522	2	0
1179	1178	3	8932	1	0.000203	0.000570	400	2	0
1178	1167	8		1	0.002924	0.008222	522	2	0
1167	1139	8		1	0.044672	0.096051	420	2	0
1139	1138	1	519984	0	0.000287	0.000592	420	2	1
1167	1154	8		1	0.005753	0.016179	522	2	0
1154	1155	4	9910	1	0.001435	0.000692	100	2	0
1155	1156	8		1	0.018493	0.008918	151	2	0
1154	1140	8		1	0.005375	0.015117	522	2	0

1167	1163	3	9159	0	0.010517	0.025538	400	2	0
1233	1207	8		1	0.028178	0.015977	151	2	0
1207	1204	4	8931	1	0.001443	0.000689	100	2	0
1204	1166	8		1	0.065863	0.031458	151	2	0
1166	1157	8		1	0.033151	0.015834	151	2	0
1233	1237	8		1	0.001097	0.003084	522	2	0
1277	1307	8		1	0.010802	0.030380	522	2	0
1307	1326	8		1	0.003547	0.009975	522	2	0
1326	1342	8		1	0.002965	0.008337	522	2	0
1342	1343	4	8933	1	0.000202	0.000568	100	2	0
1343	1359	8		1	0.023838	0.011386	151	2	0
1359	1315	8		1	0.132823	0.063441	151	2	0
1315	1304	8		1	0.032938	0.015732	151	2	0
1359	1398	8		1	0.058791	0.028353	151	2	0
1398	1391	8		1	0.029104	0.013901	151	2	0
1391	1360	8		1	0.148506	0.070932	151	2	0
1398	1415	8		1	0.023053	0.011118	151	2	0
1415	1446	8		1	0.183655	0.087834	151	2	0
1446	1450	8		1	0.015294	0.007305	151	2	0
1415	1414	8		1	0.009338	0.004504	151	2	0
1415	1445	8		1	0.063697	0.030477	151	2	0
1445	1454	8		1	0.027577	0.013172	151	2	0
1454	1481	8		1	0.098902	0.047239	151	2	0
1481	1488	8		1	0.088649	0.042342	151	2	0
1445	1490	8		1	0.058960	0.028162	151	2	0
1490	1505	8		1	0.124386	0.059412	151	2	0
1505	1509	8		1	0.034077	0.016276	151	2	0
1490	1511	8		1	0.057529	0.027608	151	2	0
1511	1513	8		1	0.006751	0.003256	151	2	0
1511	1507	8		1	0.015585	0.007516	151	2	0
1511	1521	8		1	0.101676	0.048637	151	2	0
1521	1528	8		1	0.028955	0.013830	151	2	0
1307	1281	8		1	0.018068	0.050811	522	2	0
1281	1263	8		1	0.008945	0.025155	522	2	0
1332	1352	8		1	0.030499	0.014568	151	2	0
1352	1355	4	8928	1	0.001442	0.000689	100	2	0
1355	1384	8		1	0.040662	0.019422	151	2	0
1384	1373	8		1	0.028008	0.013378	151	2	0
1373	1337	8		1	0.108602	0.051872	151	2	0
1337	1327	8		1	0.033161	0.015839	151	2	0
1373	1388	8		1	0.083002	0.039734	151	2	0
1384	1403	8		1	0.035036	0.016735	151	2	0
1403	1424	8		1	0.104869	0.050089	151	2	0
1424	1429	8		1	0.030551	0.014592	151	2	0
1403	1422	8		1	0.029899	0.014281	151	2	0
1422	1436	8		1	0.032611	0.015576	151	2	0
1436	1452	8		1	0.076176	0.036384	151	2	0
1452	1460	8		1	0.030626	0.014628	151	2	0
1436	1482	8		1	0.063784	0.030529	151	2	0
1482	1485	8		1	0.006883	0.003320	151	2	0
1482	1475	8		1	0.013813	0.006661	151	2	0
1482	1491	8		1	0.048350	0.023179	151	2	0
1491	1498	8		1	0.057372	0.027403	151	2	0
1426	1433	8		1	0.006243	0.009112	575	2	0
1433	1440	8		1	0.005567	0.002861	310	2	0
1440	1441	4	331008	1	0.000864	0.000444	100	2	0
1441	1478	8		1	0.068357	0.035129	310	2	0
1478	1504	8		1	0.080487	0.041362	310	2	0
1478	1497	8		1	0.042799	0.021994	310	2	0
1497	1510	8		1	0.047262	0.024288	310	2	0
1510	1531	8		1	0.058343	0.029983	310	2	0
1531	1578	8		1	0.137927	0.070881	310	2	0
1578	1593	8		1	0.093054	0.047821	310	2	0
1593	1594	4	331012	1	0.000864	0.000444	100	2	0
1594	1599	8		1	0.019183	0.009858	310	2	0
1599	1587	8		1	0.059502	0.030579	310	2	0
1599	1604	8		1	0.039185	0.020137	310	2	0
1604	1596	8		1	0.065659	0.033742	310	2	0
1604	1610	8		1	0.039043	0.020064	310	2	0
1610	1602	8		1	0.081976	0.042128	310	2	0
1610	1618	8		1	0.038649	0.019862	310	2	0
1618	1607	8		1	0.069466	0.035699	310	2	0
1618	1624	8		1	0.038167	0.019614	310	2	0
1624	1615	8		1	0.079504	0.040858	310	2	0
1624	1629	8		1	0.037119	0.019075	310	2	0
1629	1625	8		1	0.039346	0.020220	310	2	0

1629	1638	8		1	0.062495	0.032116	310	2	0
1510	1519	8		1	0.040612	0.020870	310	2	0
1519	1542	8		1	0.059105	0.030374	310	2	0
1519	1548	8		1	0.076139	0.039128	310	2	0
1497	1503	8		1	0.020914	0.010748	310	2	0
1503	1553	8		1	0.152838	0.078544	310	2	0
1433	1443	8		1	0.006016	0.008782	575	2	0
1443	1444	3	982114	1	0.000279	0.000407	575	2	0
1444	1451	8		1	0.005842	0.008528	575	2	0
1451	1464	8		1	0.005973	0.008719	575	2	0
1464	1465	3	946491	0	0.000279	0.000408	575	2	1
1506	1494	8		1	0.005972	0.016799	522	2	0
1494	1493	3	397766	1	0.000203	0.000571	400	2	0
1493	1467	8		1	0.011862	0.033359	522	2	0
1467	1438	8		1	0.013817	0.038858	522	2	0
1438	1416	8		1	0.013860	0.038979	522	2	0
1416	1378	8		1	0.135465	0.065330	151	2	0
1378	1365	8		1	0.034896	0.016829	151	2	0
1365	1363	4	31933	1	0.000906	0.000662	100	2	0
1363	1344	8		1	0.020231	0.014789	202	2	0
1378	1346	8		1	0.046327	0.022342	100	2	0
1346	1345	4	8926	1	0.001428	0.000689	100	2	0
1345	1335	8		1	0.011390	0.005493	100	2	0
1416	1364	8		1	0.014992	0.042164	522	2	0
1364	1329	8		1	0.017140	0.048203	522	2	0
1329	1306	8		1	0.004292	0.012071	522	2	0
1306	1254	8		1	0.015884	0.044670	522	2	0
1254	1250	8		1	0.032016	0.015292	151	2	0
1250	1258	8		1	0.033291	0.015901	151	2	0
1254	1216	8		1	0.007071	0.019888	522	2	0
1216	1203	8		1	0.001554	0.004372	522	2	0
1203	1175	8		1	0.006956	0.019562	522	2	0
1175	1165	8		1	0.003392	0.009540	522	2	0
1165	1143	8		1	0.008751	0.024609	522	2	0
1143	1149	8		1	0.064567	0.030839	151	2	0
1143	1122	8		1	0.008849	0.024886	522	2	0
1122	1093	8		1	0.008745	0.024598	522	2	0
1093	1103	8		1	0.089700	0.042844	151	2	0
1103	1105	8		1	0.029439	0.014061	151	2	0
1093	1084	8		1	0.004746	0.013348	522	2	0
1084	1071	8		1	0.003991	0.011223	522	2	0
1071	1063	8		1	0.004792	0.013475	522	2	0
1063	1062	3	30263	1	0.000203	0.000570	400	2	0
1062	1046	8		1	0.004307	0.012113	522	2	0
1046	1038	8		1	0.002085	0.005864	522	2	0
1038	1034	8		1	0.002401	0.006752	522	2	0
1038	1028	8		1	0.009888	0.027811	522	2	0
1028	1027	3	577765	1	0.000203	0.000570	522	2	0
1027	996	8		1	0.015688	0.044124	522	2	0
996	1001	8		1	0.007600	0.003665	151	2	0
996	984	8		1	0.025386	0.012243	151	2	0
984	983	4	9167	1	0.001428	0.000689	100	2	0
983	966	8		1	0.034878	0.016659	151	2	0
966	931	8		1	0.134891	0.064429	151	2	0
931	883	8		1	0.175128	0.083844	151	2	0
883	808	8		1	0.141116	0.067402	151	2	0
808	716	8		1	0.158316	0.075774	151	2	0
996	977	8		1	0.008337	0.023449	522	2	0
977	985	8		1	0.010798	0.005207	151	2	0
977	971	8		1	0.019251	0.009284	151	2	0
971	970	4	9168	1	0.001428	0.000688	100	2	0
970	955	8		1	0.028027	0.013387	151	2	0
955	921	8		1	0.132025	0.063060	151	2	0
921	869	8		1	0.194953	0.093255	151	2	0
869	795	8		1	0.130740	0.062446	151	2	0
795	693	8		1	0.175166	0.083840	151	2	0
693	677	8		1	0.036132	0.017258	151	2	0
977	969	8		1	0.006117	0.017205	522	2	0
969	965	8		1	0.001788	0.005030	522	2	0
965	940	8		1	0.086438	0.041373	151	2	0
940	933	8		1	0.030687	0.014657	151	2	0
965	972	8		1	0.010842	0.005229	151	2	0
965	954	8		1	0.006943	0.019528	522	2	0
954	978	8		1	0.011016	0.015130	575	2	0
978	980	3	577856	0	0.000278	0.000406	575	5	1
954	953	8		1	0.010005	0.004779	151	2	0

954	942	8		1	0.054423	0.025994	151	2	0
942	912	8		1	0.104480	0.049904	151	2	0
912	911	3	9169	1	0.001441	0.000688	151	2	0
911	906	8		1	0.010144	0.004892	151	2	0
906	899	8		1	0.016030	0.007731	151	2	0
906	904	8		1	0.033205	0.016013	151	2	0
1038	1049	8		1	0.006657	0.018724	522	2	0
1049	1055	8		1	0.004227	0.011891	522	2	0
1055	1056	3	9164	1	0.000203	0.000571	400	2	0
1056	1075	8		1	0.021220	0.045297	522	2	0
1075	1098	8		1	0.021754	0.048532	522	2	0
1098	1102	8		1	0.003108	0.008742	522	2	0
1102	1117	8		1	0.010069	0.028320	522	2	0
1117	1113	8		1	0.009241	0.004414	151	2	0
1117	1124	8		1	0.003162	0.008893	522	2	0
1124	1109	8		1	0.032328	0.015590	151	2	0
1109	1108	4	9161	1	0.001430	0.000690	100	2	0
1108	1060	8		1	0.134291	0.064763	151	2	0
1060	1036	8		1	0.048151	0.023058	151	2	0
1036	1032	8		1	0.059392	0.028506	151	2	0
1032	1023	8		1	0.020763	0.010013	151	2	0
1032	1026	8		1	0.059581	0.028603	151	2	0
1026	1047	8		1	0.046528	0.022307	151	2	0
1026	1019	8		1	0.067765	0.032680	151	2	0
1019	1013	8		1	0.017221	0.008305	151	2	0
1019	1016	8		1	0.009185	0.004429	151	2	0
1019	1025	8		1	0.014207	0.006852	151	2	0
1026	950	8		1	0.146535	0.070668	151	2	0
950	948	8		1	0.023285	0.011122	151	2	0
950	956	8		1	0.097150	0.046694	151	2	0
1032	1053	8		1	0.046042	0.022204	151	2	0
1036	1030	8		1	0.019395	0.009354	151	2	0
1036	1043	8		1	0.056589	0.027169	151	2	0
1043	1035	8		1	0.018720	0.009028	151	2	0
1043	1052	8		1	0.058268	0.028100	151	2	0
1052	1041	8		1	0.004677	0.009655	420	2	0
1052	1054	8		1	0.012773	0.006160	151	2	0
1052	1058	8		1	0.002566	0.005297	420	2	0
1043	1050	8		1	0.012969	0.006254	151	2	0
1124	1147	8		1	0.025638	0.072106	522	2	0
1147	1159	8		1	0.010391	0.029222	522	2	0
1159	1163	8		1	0.006914	0.014270	420	2	0
1159	1152	8		1	0.026109	0.012471	151	2	0
1152	1151	4	9160	1	0.001446	0.000691	100	2	0
1151	1132	8		1	0.065893	0.031473	151	2	0
1132	1078	8		1	0.137439	0.065989	151	2	0
1078	1068	8		1	0.051886	0.025023	151	2	0
1068	1094	8		1	0.079305	0.037958	151	2	0
1068	1061	8		1	0.064069	0.030753	151	2	0
1061	1086	8		1	0.082212	0.039335	151	2	0
1061	1059	8		1	0.015865	0.007651	151	2	0
1061	1010	8		1	0.118758	0.056808	151	2	0
1068	989	8		1	0.184449	0.088792	151	2	0
1078	1069	8		1	0.024734	0.011928	151	2	0
1078	1083	8		1	0.027928	0.013469	151	2	0
1117	1126	8		1	0.015543	0.007496	151	2	0
1126	1127	4	9162	1	0.001447	0.000691	100	2	0
1127	1136	8		1	0.026019	0.012428	151	2	0
1136	1142	8		1	0.027155	0.012970	151	2	0
1142	1164	8		1	0.063217	0.030195	151	2	0
1164	1172	8		1	0.052120	0.024894	151	2	0
1164	1189	8		1	0.060196	0.028870	151	2	0
1189	1187	8		1	0.005469	0.004030	202	2	0
1187	1186	4	31942	1	0.002440	0.000773	100	2	0
1186	1202	8		1	0.218550	0.069211	116	2	0
1189	1269	8		1	0.101392	0.048480	151	2	0
1269	1271	8		1	0.192511	0.092081	151	2	0
1271	1261	8		1	0.037543	0.017932	151	2	0
1261	1252	8		1	0.033847	0.016166	151	2	0
1261	1245	8		1	0.027961	0.013355	151	2	0
1269	1259	8		1	0.045879	0.021914	151	2	0
1259	1247	8		1	0.034106	0.016290	151	2	0
1189	1218	8		1	0.070395	0.033737	151	2	0
1218	1229	8		1	0.040822	0.019498	151	2	0
1142	1148	8		1	0.051941	0.024809	151	2	0
1098	1100	4	392776	1	0.001441	0.000688	100	2	0

1100	1104	8		1	0.014321	0.006840	151	2	0
1075	1081	8		1	0.002487	0.002956	575	2	0
1081	1082	4	31943	1	0.000278	0.000406	100	2	0
1082	1101	8		1	0.011395	0.015185	575	2	0
1075	1065	8		1	0.007142	0.008488	575	2	0
1065	1064	4	9163	1	0.000323	0.000384	100	2	0
1064	1022	8		1	0.019147	0.027948	575	2	0
1071	1076	8		1	0.052698	0.025170	151	2	0
1076	1080	8		1	0.030131	0.014392	151	2	0
1122	1121	8		1	0.022420	0.010709	151	2	0
1121	1119	4	432937	1	0.001431	0.000690	100	2	0
1119	1110	8		1	0.018082	0.008720	151	2	0
1121	1116	8		1	0.047355	0.022618	151	2	0
1116	1111	8		1	0.011497	0.005491	151	2	0
1111	1097	8		1	0.052518	0.025084	151	2	0
1097	1095	4	502148	1	0.001431	0.000690	100	2	0
1095	1087	8		1	0.025669	0.012379	151	2	0
1116	1134	8		1	0.035079	0.016755	151	2	0
1122	1129	8		1	0.060557	0.028924	151	2	0
1129	1133	8		1	0.029275	0.013983	151	2	0
1165	1180	8		1	0.159408	0.076139	151	2	0
1203	1211	8		1	0.091011	0.043470	151	2	0
1216	1217	8		1	0.008871	0.004278	151	2	0
1216	1215	8		1	0.011481	0.005537	151	2	0
1215	1214	4	30262	1	0.001427	0.000688	100	2	0
1214	1212	8		1	0.044892	0.021650	151	2	0
1212	1257	8		1	0.056403	0.027043	151	2	0
1212	1200	8		1	0.012267	0.005916	151	2	0
1212	1209	8		1	0.055090	0.026421	151	2	0
1209	1322	8		1	0.190244	0.091500	151	2	0
1322	1330	8		1	0.008808	0.004207	151	2	0
1330	1423	8		1	0.152471	0.072826	151	2	0
1423	1434	8		1	0.033546	0.016023	151	2	0
1322	1323	4	298452	1	0.001445	0.000690	100	2	0
1323	1324	8		1	0.006872	0.003282	151	2	0
1209	1205	8		1	0.060921	0.029225	151	2	0
1205	1249	8		1	0.056391	0.027036	151	2	0
1249	1316	8		1	0.133662	0.064156	151	2	0
1316	1421	8		1	0.165411	0.079007	151	2	0
1205	1196	8		1	0.020917	0.010088	151	2	0
1196	1195	3	328200	1	0.001441	0.000688	151	2	0
1195	1188	8		1	0.036748	0.017552	151	2	0
1188	1262	8		1	0.090614	0.043281	151	2	0
1262	1353	8		1	0.160293	0.076992	151	2	0
1353	1374	8		1	0.035730	0.017066	151	2	0
1188	1181	8		1	0.060652	0.029250	151	2	0
1181	1177	8		1	0.051045	0.024381	151	2	0
1181	1208	8		1	0.037630	0.017974	151	2	0
1208	1292	8		1	0.135783	0.065174	151	2	0
1292	1305	8		1	0.033117	0.015818	151	2	0
1205	1162	8		1	0.080249	0.038701	151	2	0
1162	1150	8		1	0.042596	0.020442	151	2	0
1150	1130	8		1	0.061916	0.029573	151	2	0
1162	1146	8		1	0.080410	0.038497	151	2	0
1146	1118	8		1	0.081792	0.039066	151	2	0
1209	1190	8		1	0.018566	0.008954	151	2	0
1190	1144	8		1	0.122227	0.058516	151	2	0
1144	1123	8		1	0.062294	0.029754	151	2	0
1306	1333	8		1	0.150170	0.071726	151	2	0
1364	1366	4	30266	1	0.000202	0.000569	100	2	0
1366	1385	8		1	0.003407	0.009581	999	2	0
1467	1463	8		1	0.004435	0.003242	202	2	0
1463	1461	3	944616	1	0.001415	0.000285	127	2	0
1461	1453	8		1	0.009760	0.001967	127	2	0
1493	1522	8		1	0.028233	0.079401	522	2	0
1	1570	0		1	0.000000	0.000000	NULL	3	0
1570	1586	8		1	0.022275	0.034935	522	3	0
1586	1588	3	399098	1	0.000278	0.000405	575	3	0
1588	1672	8		1	0.172474	0.257141	522	3	0
1672	1676	8		1	0.007552	0.015590	420	3	0
1676	1677	3	425774	1	0.000286	0.000591	400	3	0
1677	1687	8		1	0.007710	0.015916	420	3	0
1687	1691	8		1	0.007859	0.016224	420	3	0
1691	1692	8		1	0.044501	0.021461	151	3	0
1691	1741	8		1	0.092965	0.191903	420	3	0
1741	1754	8		1	0.013402	0.027663	420	3	0

1754	1752	8		1	0.002016	0.004162	420	3	0
1754	1761	8		1	0.003857	0.007963	420	3	0
1754	1762	8		1	0.011859	0.024478	420	3	0
1762	1759	8		1	0.008145	0.003928	151	3	0
1762	1766	8		1	0.011915	0.024595	420	3	0
1766	1763	8		1	0.017140	0.008266	151	3	0
1766	1775	8		1	0.012314	0.025419	420	3	0
1775	1771	8		1	0.006777	0.003268	151	3	0
1775	1778	8		1	0.012708	0.026232	420	3	0
1778	1776	8		1	0.003529	0.007284	420	3	0
1778	1814	8		1	0.026968	0.055665	420	3	0
1814	1829	8		1	0.011927	0.024620	420	3	0
1829	1844	8		1	0.009191	0.018971	420	3	0
1844	1845	1	444537	1	0.000287	0.000592	420	3	0
1845	1852	8		1	0.003759	0.007759	420	3	0
1852	1854	8		1	0.003048	0.006292	420	3	0
1854	1855	3	9005	1	0.000278	0.000406	400	3	0
1855	1865	8		1	0.011539	0.016843	575	3	0
1865	1877	8		1	0.013006	0.018984	575	3	0
1877	1878	8		1	0.002922	0.003473	575	3	0
1878	1874	8		1	0.010145	0.004846	151	3	0
1878	1883	8		1	0.017126	0.023832	575	3	0
1883	1886	8		1	0.015612	0.022124	575	3	0
1886	1881	4	9007	0	0.042337	0.020418	100	3	0
1886	1889	8		1	0.004584	0.005448	575	3	0
1889	1892	8		1	0.002281	0.003328	575	3	0
1892	1891	4	576797	1	0.000866	0.000445	300	3	0
1891	1884	8		1	0.012088	0.006212	310	3	0
1892	1904	8		1	0.025188	0.035947	575	3	0
1904	1917	8		1	0.097207	0.072827	202	3	0
1917	1913	3	9009	0	0.023965	0.011551	151	3	0
1917	1918	8		1	0.018771	0.009053	151	3	0
1918	1919	3	9011	1	0.001449	0.000692	151	3	0
1919	1925	8		1	0.055506	0.026512	151	3	0
1925	1933	8		1	0.065764	0.031411	151	3	0
1933	1932	4	9012	1	0.000900	0.000663	100	3	0
1932	1914	8		1	0.037458	0.027602	202	3	0
1933	1936	8		1	0.027976	0.013492	151	3	0
1936	1938	8		1	0.010828	0.005222	151	3	0
1936	1946	8		1	0.078154	0.057450	202	3	0
1946	1950	8		1	0.014027	0.010336	202	3	0
1950	1928	8		1	0.076986	0.037010	151	3	0
1928	1923	3	9018	0	0.022504	0.010749	151	3	0
1928	1929	4	9019	1	0.001445	0.000690	100	3	0
1929	1935	8		1	0.044327	0.021172	999	3	0
1950	1956	8		1	0.050135	0.036820	202	3	0
1956	1957	4	9028	1	0.000906	0.000662	50	3	0
1957	1959	8		1	0.037876	0.018091	151	3	0
1959	1963	8		1	0.041928	0.020026	151	3	0
1963	1937	8		1	0.060781	0.031236	310	3	0
1937	1916	8		1	0.043139	0.022169	310	3	0
1963	1964	8		1	0.001390	0.000714	310	3	0
1963	1968	8		1	0.063020	0.030392	151	3	0
1968	1974	8		1	0.037132	0.017736	151	3	0
1974	1970	8		1	0.007437	0.003822	310	3	0
1974	1976	8		1	0.012369	0.005965	151	3	0
1976	1972	8		1	0.017385	0.008384	151	3	0
1972	1969	4	9023	1	0.001441	0.000688	100	3	0
1969	1966	8		1	0.016088	0.007684	151	3	0
1966	1955	8		1	0.042845	0.021296	151	3	0
1955	1939	8		1	0.082917	0.041288	151	3	0
1939	1888	4	9021	0	0.225576	0.107839	100	3	0
1939	1940	8		1	0.038060	0.018179	151	3	0
1940	1941	8		1	0.181198	0.086547	151	3	0
1941	1927	8		1	0.300221	0.143729	151	3	0
1927	1922	8		1	0.152106	0.073355	151	3	0
1922	1907	8		1	0.534414	0.257416	151	3	0
1907	1901	8		1	0.183733	0.088210	151	3	0
1901	1899	8		1	0.016562	0.007987	151	3	0
1899	1898	4	2612	1	0.002437	0.000772	100	3	0
1898	1896	8		1	0.161774	0.051235	116	3	0
1896	1895	4	579910	1	0.002430	0.000770	100	3	0
1895	1894	8		1	0.060306	0.019100	116	3	0
1927	1949	8		1	0.163059	0.078574	151	3	0
1949	1945	8		1	0.553813	0.267083	151	3	0
1955	1954	4	9022	1	0.000898	0.000662	100	3	0

1954	1943	8		1	0.028581	0.021061	202	3	0
1976	1991	8		1	0.145776	0.069741	151	3	0
1991	2000	8		1	0.189806	0.090659	151	3	0
2000	2001	8		1	0.037082	0.017712	151	3	0
2001	2002	4	9026	1	0.001449	0.000692	100	3	0
2002	2003	8		1	0.040716	0.019447	151	3	0
2003	2011	8		1	0.153075	0.073484	151	3	0
2011	2013	8		1	0.349327	0.166852	151	3	0
2013	2014	8		1	0.508049	0.242661	151	3	0
2000	2004	8		1	0.034925	0.016682	151	3	0
2004	2005	8		1	0.036449	0.017409	151	3	0
2005	2006	4	9027	1	0.002434	0.000771	100	3	0
2006	2008	8		1	0.049516	0.015682	116	3	0
1976	1990	8		1	0.138333	0.066073	151	3	0
1990	1989	4	9024	1	0.001449	0.000692	100	3	0
1989	1987	8		1	0.050629	0.024182	151	3	0
1990	1996	8		1	0.089532	0.042763	151	3	0
1996	1995	4	9025	1	0.001430	0.000690	100	3	0
1995	1992	8		1	0.067271	0.032298	151	3	0
1996	1998	8		1	0.019823	0.009468	151	3	0
1998	1999	8		1	0.068808	0.032865	151	3	0
1950	1951	8		1	0.017888	0.008627	151	3	0
1951	1953	4	9029	1	0.001449	0.000692	151	3	0
1953	1961	8		1	0.029279	0.013985	151	3	0
1961	1962	4	534656	1	0.001450	0.000692	100	3	0
1962	1965	8		1	0.022087	0.010549	151	3	0
1961	1973	8		1	0.032437	0.015493	151	3	0
1973	1985	8		1	0.106587	0.050910	151	3	0
1985	1993	8		1	0.108848	0.051990	151	3	0
1993	1994	4	30000	1	0.001442	0.000689	100	3	0
1994	1997	8		1	0.025669	0.012261	151	3	0
1993	2007	8		1	0.176601	0.084696	151	3	0
2007	2010	8		1	0.037869	0.018088	151	3	0
2010	2009	8		1	0.083961	0.040356	151	3	0
2010	2012	8		1	0.038821	0.018543	151	3	0
1936	1934	8		1	0.008597	0.004146	151	3	0
1917	1921	8		1	0.011330	0.005464	151	3	0
1904	1857	8		1	0.141032	0.071953	151	3	0
1904	1906	8		1	0.002439	0.002898	575	3	0
1886	1897	8		1	0.041501	0.019903	151	3	0
1878	1880	8		1	0.014629	0.007055	151	3	0
1880	1882	4	9006	1	0.001445	0.000690	100	3	0
1882	1887	8		1	0.045381	0.021738	151	3	0
1887	1890	8		1	0.018449	0.008897	151	3	0
1887	1885	8		1	0.014059	0.006780	151	3	0
1887	1908	8		1	0.070084	0.033647	151	3	0
1908	1905	8		1	0.011197	0.005400	151	3	0
1908	1909	8		1	0.017701	0.008536	151	3	0
1908	1926	8		1	0.074037	0.035547	151	3	0
1926	1930	8		1	0.017520	0.008449	151	3	0
1926	1924	8		1	0.012698	0.006124	151	3	0
1926	1944	8		1	0.071135	0.034147	151	3	0
1944	1942	8		1	0.015486	0.007468	151	3	0
1944	1931	8		1	0.057408	0.027526	151	3	0
1944	1958	8		1	0.047513	0.022750	151	3	0
1958	1978	8		1	0.092700	0.044447	151	3	0
1978	1979	8		1	0.008178	0.003944	151	3	0
1978	1975	8		1	0.109060	0.052151	151	3	0
1975	1971	8		1	0.030532	0.014583	151	3	0
1978	1980	8		1	0.010993	0.005302	151	3	0
1944	1952	8		1	0.083691	0.040065	151	3	0
1952	1960	8		1	0.078139	0.037379	151	3	0
1960	1948	8		1	0.050247	0.024090	151	3	0
1960	1967	8		1	0.051913	0.024884	151	3	0
1960	1977	8		1	0.048173	0.023073	151	3	0
1977	1983	8		1	0.085268	0.040964	151	3	0
1983	1981	8		1	0.012575	0.006064	151	3	0
1981	1982	4	437581	1	0.001446	0.000691	100	3	0
1982	1988	8		1	0.021256	0.010152	151	3	0
1983	1986	8		1	0.006937	0.003346	151	3	0
1983	1984	8		1	0.016792	0.008098	151	3	0
1952	1947	8		1	0.063892	0.030517	151	3	0
1852	1849	8		1	0.003270	0.006751	420	3	0
1849	1848	4	9003	1	0.001432	0.000690	100	3	0
1848	1834	8		1	0.068563	0.033065	151	3	0
1834	1815	8		1	0.137812	0.066462	151	3	0

1815	1840	8		1	0.084859	0.040925	151	3	0
1840	1850	8		1	0.063060	0.030221	151	3	0
1840	1836	8		1	0.013236	0.006383	151	3	0
1840	1879	8		1	0.096601	0.046411	151	3	0
1879	1912	8		1	0.126549	0.060703	151	3	0
1912	1915	8		1	0.018591	0.008966	151	3	0
1912	1911	8		1	0.008108	0.003910	151	3	0
1912	1920	8		1	0.083988	0.040360	151	3	0
1815	1813	8		1	0.011552	0.005571	151	3	0
1815	1812	8		1	0.012279	0.005922	151	3	0
1852	1861	8		1	0.004005	0.008267	420	3	0
1778	1781	8		1	0.008133	0.016789	420	3	0
1781	1782	4	9001	1	0.000287	0.000592	50	3	0
1782	1787	8		1	0.067172	0.032084	151	3	0
1787	1809	8		1	0.193754	0.093440	151	3	0
1809	1810	8		1	0.013059	0.006298	151	3	0
1810	1804	8		1	0.019483	0.009396	151	3	0
1810	1828	8		1	0.127253	0.064782	151	3	0
1828	1833	8		1	0.054149	0.026531	151	3	0
1833	1819	8		1	0.062885	0.030036	151	3	0
1819	1803	8		1	0.059507	0.028422	151	3	0
1803	1801	8		1	0.011216	0.005357	151	3	0
1801	1800	4	323998	1	0.001442	0.000689	100	3	0
1800	1799	8		1	0.013484	0.006441	151	3	0
1801	1793	8		1	0.016105	0.007692	151	3	0
1793	1794	4	408094	1	0.001448	0.000692	100	3	0
1794	1796	8		1	0.017514	0.008365	151	3	0
1793	1757	8		1	0.142849	0.068576	151	3	0
1757	1755	4	2808	1	0.001430	0.000690	100	3	0
1755	1738	8		1	0.085972	0.041461	151	3	0
1738	1732	8		1	0.039224	0.018916	151	3	0
1732	1724	8		1	0.028795	0.013887	151	3	0
1738	1742	8		1	0.030245	0.014586	151	3	0
1742	1756	8		1	0.067489	0.032388	151	3	0
1742	1745	8		1	0.027784	0.013399	151	3	0
1819	1818	4	945026	1	0.001445	0.000690	151	3	0
1818	1817	8		1	0.008035	0.003838	151	3	0
1833	1838	8		1	0.054681	0.026255	151	3	0
1838	1841	8		1	0.008074	0.003894	151	3	0
1838	1825	8		1	0.076545	0.036630	151	3	0
1825	1826	4	9016	1	0.001442	0.000689	151	3	0
1826	1835	8		1	0.073240	0.034982	151	3	0
1835	1851	8		1	0.131621	0.063476	151	3	0
1851	1853	4	425458	1	0.001444	0.000689	151	3	0
1853	1859	8		1	0.016652	0.007954	151	3	0
1851	1862	8		1	0.089439	0.042994	151	3	0
1862	1864	8		1	0.008692	0.004192	151	3	0
1864	1876	8		1	0.080698	0.038644	151	3	0
1876	1888	8		1	0.271290	0.129577	151	3	0
1864	1893	8		1	0.090579	0.048745	151	3	0
1893	1903	8		1	0.040360	0.019332	151	3	0
1903	1900	8		1	0.009672	0.004664	151	3	0
1903	1910	8		1	0.078921	0.037748	151	3	0
1903	1923	8		1	0.077297	0.037139	151	3	0
1864	1860	8		1	0.001826	0.005136	522	3	0
1860	1858	3	329216	1	0.000279	0.000407	400	3	0
1858	1842	8		1	0.008191	0.011213	575	3	0
1842	1832	8		1	0.100874	0.048513	151	3	0
1842	1824	8		1	0.012643	0.016603	575	3	0
1824	1816	8		1	0.103330	0.049696	151	3	0
1824	1808	8		1	0.012472	0.016403	575	3	0
1808	1805	8		1	0.044418	0.021274	151	3	0
1805	1802	8		1	0.032896	0.015712	151	3	0
1808	1792	3	984294	0	0.010048	0.013407	400	3	0
1808	1820	8		1	0.163194	0.078026	151	3	0
1820	1830	8		1	0.150707	0.072126	151	3	0
1824	1843	8		1	0.226303	0.108180	151	3	0
1842	1871	8		1	0.225340	0.108119	151	3	0
1835	1837	3	9017	1	0.000898	0.000662	200	3	0
1837	1870	8		1	0.041571	0.030633	202	3	0
1838	1863	8		1	0.056418	0.027080	151	3	0
1863	1856	8		1	0.028968	0.013970	151	3	0
1863	1868	8		1	0.011211	0.005407	151	3	0
1868	1869	3	9015	1	0.000899	0.000662	202	3	0
1869	1875	8		1	0.028469	0.020978	202	3	0
1863	1872	8		1	0.017355	0.008369	151	3	0

1872	1902	8		1	0.127558	0.061516	151	3	0
1902	1913	8		1	0.037973	0.018137	151	3	0
1810	1823	8		1	0.054626	0.026344	151	3	0
1823	1807	8		1	0.177306	0.085332	151	3	0
1823	1827	8		1	0.049983	0.024105	151	3	0
1827	1831	8		1	0.034276	0.016371	151	3	0
1823	1839	8		1	0.061283	0.029554	151	3	0
1839	1822	8		1	0.174171	0.083853	151	3	0
1822	1821	8		1	0.030756	0.014690	151	3	0
1839	1847	8		1	0.051665	0.024916	151	3	0
1839	1866	8		1	0.058853	0.028383	151	3	0
1866	1846	8		1	0.133098	0.063908	151	3	0
1866	1867	8		1	0.019994	0.009643	151	3	0
1867	1873	8		1	0.026470	0.012643	151	3	0
1866	1881	8		1	0.044972	0.021688	151	3	0
1775	1779	8		1	0.027257	0.013145	151	3	0
1779	1780	4	9000	1	0.001447	0.000691	100	3	0
1780	1797	8		1	0.068685	0.032806	151	3	0
1766	1789	8		1	0.090241	0.043205	151	3	0
1762	1784	8		1	0.089468	0.042842	151	3	0
1741	1746	8		1	0.083977	0.040377	151	3	0
1746	1749	8		1	0.023747	0.011453	151	3	0
1672	1632	8		1	0.076878	0.158695	420	3	0
1632	1631	8		1	0.005414	0.011174	420	3	0
1632	1633	8		1	0.007201	0.010511	575	3	0
1633	1634	3	438131	1	0.000279	0.000407	400	3	0
1634	1636	8		1	0.005598	0.008171	575	3	0
1636	1657	8		1	0.140754	0.067229	151	3	0
1636	1637	8		1	0.011406	0.016649	575	3	0
1637	1656	8		1	0.111252	0.053138	151	3	0
1656	1642	8		1	0.076548	0.036562	151	3	0
1656	1661	8		1	0.037276	0.017804	151	3	0
1661	1681	8		1	0.150510	0.071888	151	3	0
1681	1682	4	957062	1	0.001444	0.000689	151	3	0
1682	1684	8		1	0.013256	0.006331	151	3	0
1637	1640	8		1	0.011676	0.017043	575	3	0
1640	1649	8		1	0.050383	0.024065	151	3	0
1649	1666	8		1	0.101740	0.048594	151	3	0
1649	1648	4	318772	1	0.001433	0.000691	100	3	0
1648	1646	8		1	0.020401	0.009839	151	3	0
1640	1645	8		1	0.011779	0.017193	575	3	0
1645	1662	8		1	0.111202	0.053114	151	3	0
1662	1653	8		1	0.075415	0.036021	151	3	0
1662	1668	8		1	0.037748	0.018030	151	3	0
1645	1652	8		1	0.011441	0.016700	575	3	0
1652	1671	8		1	0.149780	0.071540	151	3	0
1652	1655	8		1	0.012086	0.017639	575	3	0
1655	1673	8		1	0.140619	0.067164	151	3	0
1655	1658	8		1	0.005818	0.008490	575	3	0
1658	1659	3	982957	1	0.000278	0.000405	400	3	0
1659	1660	8		1	0.005613	0.008194	575	3	0
1660	1674	8		1	0.112103	0.053544	151	3	0
1660	1663	8		1	0.011682	0.017052	575	3	0
1663	1678	8		1	0.111380	0.053199	151	3	0
1663	1667	8		1	0.012093	0.017652	575	3	0
1667	1685	8		1	0.111556	0.053283	151	3	0
1667	1669	8		1	0.010598	0.015469	575	3	0
1669	1683	8		1	0.075311	0.035971	151	3	0
1669	1675	8		1	0.012154	0.017737	575	3	0
1675	1688	8		1	0.073178	0.034952	151	3	0
1675	1679	8		1	0.011967	0.017465	575	3	0
1679	1689	8		1	0.064335	0.030728	151	3	0
1679	1686	8		1	0.011585	0.016908	575	3	0
1686	1690	8		1	0.048691	0.023256	151	3	0
1690	1694	8		1	0.037866	0.018261	151	3	0
1686	1695	8		1	0.037316	0.054465	575	3	0
1695	1696	3	983378	1	0.000279	0.000407	400	3	0
1696	1698	8		1	0.028935	0.042231	575	3	0
1698	1701	8		1	0.021340	0.031148	575	3	0
1701	1711	8		1	0.199506	0.095291	151	3	0
1711	1719	8		1	0.104021	0.049772	151	3	0
1719	1718	8		1	0.011522	0.005557	151	3	0
1719	1725	8		1	0.132282	0.063276	151	3	0
1725	1697	8		1	0.303424	0.144927	151	3	0
1725	1726	8		1	0.016129	0.005108	116	3	0
1726	1727	4	9950	1	0.002438	0.000772	116	3	0

1727	1747	8		1	0.794340	0.251575	116	3	0
1747	1748	4	444727	1	0.002436	0.000771	100	3	0
1748	1769	8		1	0.290115	0.091882	116	3	0
1747	1770	8		1	0.458301	0.145148	116	3	0
1770	1774	8		1	0.019468	0.006166	116	3	0
1770	1773	8		1	0.009429	0.002986	116	3	0
1770	1735	8		1	0.247639	0.078423	116	3	0
1735	1721	8		1	0.135966	0.043058	116	3	0
1721	1722	8		1	0.010114	0.003203	116	3	0
1721	1720	8		1	0.036667	0.011613	116	3	0
1721	1716	8		1	0.495255	0.156838	116	3	0
1716	1715	8		1	0.057822	0.018311	116	3	0
1715	1714	4	514853	1	0.002431	0.000770	100	3	0
1714	1712	8		1	0.147179	0.046610	116	3	0
1712	1713	8		1	0.029052	0.009201	116	3	0
1712	1705	8		1	0.310449	0.098314	116	3	0
1705	1703	8		1	0.046592	0.014756	116	3	0
1705	1704	8		1	0.037918	0.012009	116	3	0
1705	1707	8		1	0.079703	0.025241	116	3	0
1707	1709	8		1	0.064206	0.020333	116	3	0
1712	1693	8		1	0.479147	0.151737	116	3	0
1693	1680	8		1	0.189489	0.060009	116	3	0
1719	1728	8		1	0.062507	0.030011	151	3	0
1728	1723	8		1	0.043574	0.020866	151	3	0
1728	1730	8		1	0.026433	0.012747	151	3	0
1728	1739	8		1	0.063339	0.030305	151	3	0
1739	1740	8		1	0.018659	0.008999	151	3	0
1739	1737	8		1	0.011756	0.005669	151	3	0
1739	1750	8		1	0.051168	0.024547	151	3	0
1750	1744	8		1	0.054859	0.026286	151	3	0
1750	1751	8		1	0.021273	0.010259	151	3	0
1750	1790	8		1	0.105151	0.053090	151	3	0
1790	1795	8		1	0.010697	0.005497	310	3	0
1790	1791	8		1	0.007888	0.004054	310	3	0
1790	1786	4	398650	0	0.030442	0.015592	100	3	0
1701	1708	8		1	0.013231	0.018235	575	3	0
1708	1710	8		1	0.028347	0.013671	151	3	0
1708	1717	8		1	0.017736	0.025264	575	3	0
1717	1760	8		1	0.057635	0.082725	575	3	0
1760	1764	8		1	0.002210	0.002626	575	3	0
1760	1743	8		1	0.048084	0.068052	575	3	0
1743	1736	8		1	0.096462	0.048451	151	3	0
1743	1733	8		1	0.046207	0.025196	151	3	0
1733	1731	8		1	0.013855	0.006682	151	3	0
1733	1734	8		1	0.045850	0.021975	151	3	0
1733	1729	8		1	0.016818	0.008111	151	3	0
1743	1758	8		1	0.012657	0.016691	575	3	0
1758	1753	8		1	0.047081	0.022553	151	3	0
1758	1785	8		1	0.380076	0.181760	151	3	0
1785	1786	8		1	0.030776	0.014699	151	3	0
1758	1767	8		1	0.008395	0.011485	575	3	0
1767	1768	3	984293	1	0.000279	0.000408	400	3	0
1768	1777	8		1	0.003923	0.004662	575	3	0
1777	1772	8		1	0.042289	0.020257	151	3	0
1777	1798	8		1	0.319202	0.152690	151	3	0
1777	1788	8		1	0.011200	0.014880	575	3	0
1788	1783	8		1	0.077546	0.037096	151	3	0
1788	1806	8		1	0.222742	0.107420	151	3	0
1806	1811	8		1	0.090911	0.043561	151	3	0
1788	1792	8		1	0.004021	0.004778	575	3	0
1760	1765	8		1	0.030696	0.016484	151	3	0
1708	1706	8		1	0.046187	0.022112	151	3	0
1	36	0		1	0.000000	0.000000	NULL	4	0
36	39	8		1	0.018470	0.025411	575	4	0
39	40	3	31615	1	0.000321	0.000381	400	4	0
40	41	8		1	0.006862	0.008156	575	4	0
41	93	8		1	0.059251	0.146860	522	4	0
93	100	8		1	0.047340	0.068146	575	4	0
100	101	3	555464	1	0.000279	0.000408	575	4	0
101	102	8		1	0.001735	0.004879	522	4	0
102	107	8		1	0.006555	0.018437	522	4	0
107	108	3	399076	1	0.000203	0.000572	522	4	0
108	114	8		1	0.002067	0.005815	522	4	0
114	111	8		1	0.013352	0.006439	151	4	0
114	116	8		1	0.052972	0.025404	151	4	0
114	118	8		1	0.002184	0.006142	522	4	0

118	115	8		1	0.009173	0.025796	522	4	0
115	113	3	31646	0	0.000202	0.000569	400	4	1
118	123	8		1	0.040903	0.115031	522	4	0
123	120	8		1	0.016234	0.007829	151	4	0
120	121	8		1	0.024884	0.012001	151	4	0
120	119	8		1	0.049569	0.023726	151	4	0
120	106	8		1	0.049408	0.023656	151	4	0
123	127	8		1	0.024830	0.069830	522	4	0
127	128	4	469012	1	0.000901	0.000664	100	4	0
128	141	8		1	0.016818	0.012393	202	4	0
127	129	8		1	0.004916	0.013824	522	4	0
129	133	8		1	0.013965	0.039274	522	4	0
133	125	8		1	0.015411	0.007432	151	4	0
125	122	8		1	0.172965	0.083067	151	4	0
125	126	8		1	0.010610	0.005117	151	4	0
125	117	8		1	0.049805	0.023865	151	4	0
133	135	8		1	0.007048	0.019825	522	4	0
135	136	3	30057	1	0.000898	0.000662	202	4	0
136	151	8		1	0.020494	0.015102	202	4	0
135	142	8		1	0.023366	0.065713	522	4	0
142	145	8		1	0.008845	0.024873	522	4	0
145	137	8		1	0.014121	0.006810	151	4	0
137	132	8		1	0.013007	0.006273	151	4	0
137	138	8		1	0.023041	0.011112	151	4	0
137	134	8		1	0.086754	0.041496	151	4	0
145	147	8		1	0.015214	0.042785	522	4	0
147	140	8		1	0.019014	0.009170	151	4	0
147	150	8		1	0.005142	0.014464	522	4	0
150	153	4	563036	1	0.001439	0.000687	100	4	0
153	160	8		1	0.017487	0.008352	151	4	0
150	155	8		1	0.006824	0.019192	522	4	0
155	158	8		1	0.010057	0.028289	522	4	0
158	159	8		1	0.004418	0.012424	522	4	0
159	149	8		1	0.003217	0.003823	575	4	0
149	148	8		1	0.012863	0.006203	151	4	0
149	143	8		1	0.003545	0.004213	575	4	0
149	156	8		1	0.057967	0.027955	151	4	0
159	162	8		1	0.010177	0.028627	522	4	0
162	164	4	418792	1	0.001443	0.000689	100	4	0
164	175	8		1	0.031152	0.014880	151	4	0
162	171	8		1	0.021487	0.060434	522	4	0
171	170	8		1	0.023296	0.045486	522	4	0
170	172	8		1	0.005075	0.007407	575	4	0
172	174	8		1	0.005292	0.007724	575	4	0
174	173	3	948340	1	0.000279	0.000408	575	4	0
173	169	8		1	0.004409	0.006436	575	4	0
169	168	8		1	0.010801	0.012837	575	4	0
168	154	8		1	0.004320	0.012151	522	4	0
154	152	3	30567	1	0.000203	0.000571	522	4	0
152	92	8		1	0.033417	0.093993	522	4	0
92	66	8		1	0.027208	0.076516	522	4	0
66	58	8		1	0.015339	0.043139	522	4	0
58	57	8		1	0.007879	0.003800	151	4	0
58	56	8		1	0.001403	0.003947	522	4	0
56	55	3	30569	0	0.000202	0.000569	400	4	1
58	59	8		1	0.034270	0.016527	151	4	0
59	60	4	398925	1	0.001441	0.000688	100	4	0
60	65	8		1	0.098107	0.046911	151	4	0
65	47	8		1	0.132313	0.063278	151	4	0
47	44	8		1	0.030296	0.014470	151	4	0
65	72	8		1	0.194363	0.093023	151	4	0
72	75	8		1	0.029251	0.014107	151	4	0
72	64	8		1	0.109983	0.052609	151	4	0
64	51	8		1	0.195140	0.093350	151	4	0
72	74	8		1	0.048621	0.023448	151	4	0
74	79	8		1	0.102865	0.049131	151	4	0
79	78	8		1	0.047958	0.035339	202	4	0
78	77	4	31902	1	0.002430	0.000770	100	4	0
77	82	8		1	0.186911	0.059195	116	4	0
82	87	8		1	0.071172	0.033994	151	4	0
82	124	8		1	0.320905	0.101627	116	4	0
124	167	8		1	0.464561	0.147120	116	4	0
79	83	8		1	0.149371	0.071716	151	4	0
83	84	8		1	0.019711	0.009415	151	4	0
84	85	4	24261	1	0.000750	0.000469	100	4	0
85	88	8		1	0.011026	0.006903	310	4	0

88	86	8		1	0.103745	0.053315	310	4	0
86	80	8		1	0.127584	0.065566	310	4	0
88	161	8		1	0.197184	0.110185	310	4	0
161	185	8		1	0.086625	0.044517	310	4	0
185	180	8		1	0.147602	0.075853	310	4	0
180	166	8		1	0.080508	0.041373	310	4	0
185	189	8		1	0.017254	0.008867	310	4	0
83	67	8		1	0.142988	0.068958	151	4	0
67	61	8		1	0.062964	0.030365	151	4	0
61	46	8		1	0.093892	0.045280	151	4	0
46	42	8		1	0.031576	0.015082	151	4	0
61	62	8		1	0.062029	0.029914	151	4	0
62	52	8		1	0.053704	0.025745	151	4	0
52	49	8		1	0.032001	0.015285	151	4	0
62	63	8		1	0.059035	0.028470	151	4	0
63	50	8		1	0.075283	0.036174	151	4	0
50	45	8		1	0.027538	0.013153	151	4	0
63	48	8		1	0.154410	0.074466	151	4	0
48	37	8		1	0.101913	0.048935	151	4	0
37	38	4	413359	1	0.001446	0.000691	100	4	0
38	30	8		1	0.291364	0.139712	151	4	0
30	26	8		1	0.048670	0.023472	151	4	0
26	27	8		1	0.008702	0.004197	151	4	0
26	11	8		1	0.132483	0.063350	151	4	0
11	8	8		1	0.090699	0.043513	151	4	0
8	12	8		1	0.060195	0.029030	151	4	0
12	10	8		1	0.008371	0.004037	151	4	0
12	13	8		1	0.015549	0.007499	151	4	0
12	14	8		1	0.056802	0.027240	151	4	0
14	19	8		1	0.034293	0.016380	151	4	0
8	5	8		1	0.016145	0.007786	151	4	0
5	4	3	485839	0	0.001434	0.000692	151	4	1
8	21	8		1	0.113444	0.054553	151	4	0
21	25	8		1	0.033599	0.016048	151	4	0
26	24	8		1	0.012145	0.005857	151	4	0
24	23	4	30575	1	0.001431	0.000690	100	4	0
23	22	8		1	0.045718	0.022048	151	4	0
22	20	8		1	0.053307	0.025580	151	4	0
20	18	8		1	0.062070	0.029934	151	4	0
18	16	8		1	0.046015	0.022191	151	4	0
16	15	4	435536	0	0.001428	0.000689	151	4	1
18	17	8		1	0.017046	0.008221	151	4	0
18	6	8		1	0.107456	0.051388	151	4	0
18	31	8		1	0.107448	0.051415	151	4	0
31	34	8		1	0.029316	0.014003	151	4	0
20	9	8		1	0.106825	0.051080	151	4	0
9	2	8		1	0.239269	0.114538	151	4	0
20	29	8		1	0.084481	0.040450	151	4	0
29	33	8		1	0.033434	0.015969	151	4	0
22	7	8		1	0.139335	0.066613	151	4	0
7	3	8		1	0.031051	0.014831	151	4	0
22	28	8		1	0.052416	0.025131	151	4	0
28	32	8		1	0.031044	0.014828	151	4	0
63	68	8		1	0.078077	0.037654	151	4	0
68	73	8		1	0.039804	0.019012	151	4	0
62	71	8		1	0.107056	0.051339	151	4	0
71	76	8		1	0.031646	0.015115	151	4	0
65	69	8		1	0.078202	0.037585	151	4	0
92	91	8		1	0.007978	0.003848	151	4	0
92	94	8		1	0.031612	0.015245	151	4	0
94	96	4	442869	1	0.001441	0.000688	100	4	0
96	98	8		1	0.145575	0.069532	151	4	0
168	179	8		1	0.006600	0.018564	522	4	0
179	178	8		1	0.028392	0.008991	116	4	0
178	177	4	30568	1	0.002435	0.000771	100	4	0
177	181	8		1	0.093078	0.029476	116	4	0
181	182	8		1	0.016196	0.005129	116	4	0
181	176	8		1	0.033575	0.010634	116	4	0
179	187	8		1	0.006153	0.017305	522	4	0
187	188	4	30566	1	0.000203	0.000571	50	4	0
188	190	8		1	0.005586	0.015712	522	4	0
187	197	8		1	0.005042	0.014179	522	4	0
197	198	8		1	0.003040	0.008550	522	4	0
198	199	1	948323	1	0.000202	0.000569	522	4	0
199	216	8		1	0.026294	0.073945	522	4	0
216	249	8		1	0.039258	0.110408	522	4	0

249	246	8		1	0.013214	0.006373	151	4	0
246	245	4	30580	1	0.001444	0.000689	100	4	0
245	239	8		1	0.041755	0.019944	151	4	0
239	236	8		1	0.029729	0.014200	151	4	0
239	235	8		1	0.030797	0.014710	151	4	0
235	225	8		1	0.133647	0.063835	151	4	0
225	210	8		1	0.119248	0.056957	151	4	0
210	213	8		1	0.010291	0.007583	202	4	0
210	212	8		1	0.083750	0.040002	151	4	0
212	211	4	30579	1	0.000901	0.000664	202	4	0
211	207	8		1	0.029332	0.021614	202	4	0
249	344	8		1	0.040237	0.113171	522	4	0
344	341	8		1	0.005083	0.003746	202	4	0
341	339	4	30581	1	0.002429	0.000769	100	4	0
339	324	8		1	0.073343	0.023229	116	4	0
344	360	8		1	0.005281	0.014853	522	4	0
360	358	8		1	0.015170	0.007316	151	4	0
358	357	4	30582	1	0.001434	0.000692	100	4	0
357	208	8		1	0.860592	0.412928	151	4	0
360	442	8		1	0.038614	0.108614	522	4	0
442	441	4	30583	1	0.002437	0.000772	100	4	0
441	432	8		1	0.204791	0.064859	116	4	0
432	436	8		1	0.012150	0.005634	116	4	0
432	393	8		1	0.908604	0.287763	116	4	0
393	383	8		1	0.110638	0.035037	116	4	0
383	389	8		1	0.006207	0.004574	202	4	0
389	390	4	31600	1	0.002433	0.000771	50	4	0
390	399	8		1	0.027801	0.008805	116	4	0
383	356	8		1	0.338709	0.107262	116	4	0
356	349	8		1	0.062886	0.019915	116	4	0
349	321	8		1	0.476435	0.150877	116	4	0
321	305	8		1	0.108373	0.034320	116	4	0
305	303	4	30037	1	0.002429	0.000769	100	4	0
303	353	8		1	0.441966	0.171872	116	4	0
353	377	8		1	0.081686	0.039078	151	4	0
377	380	8		1	0.011049	0.005329	151	4	0
377	368	8		1	0.060974	0.029246	151	4	0
368	355	8		1	0.039352	0.018849	151	4	0
368	352	8		1	0.065691	0.031527	151	4	0
352	336	8		1	0.041424	0.019977	151	4	0
352	338	8		1	0.058562	0.028119	151	4	0
338	347	8		1	0.021818	0.010522	151	4	0
338	331	8		1	0.011812	0.005696	151	4	0
338	322	8		1	0.055047	0.026418	151	4	0
322	328	8		1	0.017046	0.008221	151	4	0
322	290	8		1	0.085290	0.040806	151	4	0
322	308	8		1	0.060708	0.029134	151	4	0
308	312	8		1	0.019554	0.009430	151	4	0
308	300	8		1	0.018123	0.008740	151	4	0
308	299	8		1	0.012650	0.006100	151	4	0
352	370	8		1	0.049078	0.023668	151	4	0
368	374	8		1	0.022800	0.010996	151	4	0
377	449	8		1	0.233651	0.111696	151	4	0
449	453	8		1	0.011912	0.005745	151	4	0
453	457	8		1	0.019233	0.009275	151	4	0
453	454	8		1	0.012331	0.005947	151	4	0
453	440	8		1	0.059060	0.028342	151	4	0
440	448	8		1	0.020308	0.009794	151	4	0
440	438	8		1	0.014869	0.007171	151	4	0
440	422	8		1	0.108410	0.052029	151	4	0
422	417	8		1	0.072457	0.034807	151	4	0
417	401	8		1	0.042772	0.020488	151	4	0
417	405	8		1	0.061260	0.029400	151	4	0
405	396	8		1	0.013486	0.006504	151	4	0
405	384	8		1	0.059876	0.028743	151	4	0
384	392	8		1	0.019647	0.009475	151	4	0
384	381	8		1	0.008762	0.004226	151	4	0
384	379	8		1	0.013078	0.006307	151	4	0
405	410	8		1	0.021259	0.010253	151	4	0
417	447	8		1	0.117745	0.056640	151	4	0
321	318	8		1	0.005387	0.003938	202	4	0
318	317	4	31603	1	0.002429	0.000769	100	4	0
317	287	8		1	0.209003	0.066193	116	4	0
356	361	8		1	0.014781	0.004681	116	4	0
393	403	8		1	0.026494	0.008391	116	4	0
403	404	4	30599	1	0.002435	0.000771	100	4	0

404	433	8		1	0.212308	0.067240	116	4	0
442	490	8		1	0.024343	0.068472	522	4	0
490	509	8		1	0.010205	0.021066	420	4	0
509	522	8		1	0.006003	0.012390	420	4	0
522	518	8		1	0.017573	0.009031	310	4	0
518	516	3	30584	1	0.000868	0.000446	310	4	0
516	500	8		1	0.053860	0.027679	310	4	0
500	495	8		1	0.015869	0.008155	310	4	0
495	494	3	30585	1	0.000865	0.000445	100	4	0
494	476	8		1	0.029288	0.015051	100	4	0
495	486	8		1	0.025417	0.013062	310	4	0
522	547	8		1	0.016830	0.034741	420	4	0
547	544	8		1	0.005333	0.011008	420	4	0
544	543	4	30586	1	0.001447	0.000691	100	4	0
543	517	8		1	0.193127	0.092245	151	4	0
517	498	8		1	0.100143	0.047911	151	4	0
498	497	8		1	0.006990	0.003371	151	4	0
497	496	4	533591	1	0.002432	0.000770	100	4	0
496	493	8		1	0.018898	0.005985	116	4	0
498	523	8		1	0.054958	0.026278	151	4	0
498	484	8		1	0.040987	0.019722	151	4	0
517	534	8		1	0.049172	0.023487	151	4	0
534	565	8		1	0.156527	0.074801	151	4	0
565	568	8		1	0.010881	0.005248	151	4	0
565	561	8		1	0.131348	0.063070	151	4	0
561	574	8		1	0.102221	0.049009	151	4	0
574	573	4	30588	1	0.001433	0.000691	100	4	0
573	564	8		1	0.087494	0.042195	151	4	0
564	558	8		1	0.083870	0.040193	151	4	0
565	570	8		1	0.029250	0.014106	151	4	0
547	551	8		1	0.008826	0.018218	420	4	0
551	553	3	399099	1	0.000286	0.000591	400	4	0
553	562	8		1	0.012718	0.026249	420	4	0
562	587	8		1	0.013321	0.027496	420	4	0
587	643	8		1	0.059611	0.123054	420	4	0
643	667	8		1	0.013852	0.028594	420	4	0
667	686	8		1	0.042143	0.029115	151	4	0
686	687	3	30592	1	0.001432	0.000691	151	4	0
687	690	8		1	0.011844	0.005657	151	4	0
690	692	8		1	0.008789	0.004198	151	4	0
692	691	4	572954	1	0.001447	0.000691	151	4	0
691	681	8		1	0.019854	0.009483	151	4	0
692	696	8		1	0.004894	0.002338	151	4	0
696	700	4	412278	1	0.000898	0.000662	100	4	0
700	714	8		1	0.027236	0.020069	202	4	0
696	708	8		1	0.030652	0.014782	151	4	0
708	642	8		1	0.157865	0.075967	151	4	0
642	629	8		1	0.050113	0.024001	151	4	0
629	628	8		1	0.011492	0.005542	151	4	0
629	610	8		1	0.118963	0.056904	151	4	0
629	631	8		1	0.027267	0.013150	151	4	0
631	632	4	586537	1	0.001446	0.000690	151	4	0
632	638	8		1	0.013717	0.006552	151	4	0
631	634	8		1	0.007355	0.003513	151	4	0
708	728	8		1	0.047821	0.022916	151	4	0
728	785	8		1	0.101532	0.048495	151	4	0
785	826	8		1	0.066353	0.031840	151	4	0
826	829	4	31903	1	0.000902	0.000665	100	4	0
829	852	8		1	0.035430	0.026108	202	4	0
826	874	8		1	0.102399	0.048909	151	4	0
874	871	4	399206	1	0.001443	0.000689	100	4	0
871	864	8		1	0.016154	0.007716	151	4	0
708	743	8		1	0.110484	0.053150	151	4	0
743	721	8		1	0.046103	0.022234	151	4	0
721	720	8		1	0.013572	0.006483	151	4	0
721	699	8		1	0.052821	0.025229	151	4	0
699	653	8		1	0.111104	0.053133	151	4	0
653	660	8		1	0.033200	0.015909	151	4	0
660	659	4	9947	1	0.000903	0.000665	100	4	0
659	651	8		1	0.020384	0.015021	202	4	0
653	635	8		1	0.052195	0.025016	151	4	0
635	633	8		1	0.008464	0.004043	151	4	0
633	615	8		1	0.095084	0.045855	151	4	0
635	636	4	391586	1	0.001444	0.000690	100	4	0
636	639	8		1	0.011228	0.005363	151	4	0
653	650	8		1	0.025573	0.012333	151	4	0

743	779	8		1	0.098453	0.047338	151	4	0
779	780	8		1	0.011172	0.005388	151	4	0
780	712	8		1	0.131463	0.062896	151	4	0
712	676	8		1	0.075205	0.036269	151	4	0
676	649	8		1	0.087610	0.042124	151	4	0
649	648	4	519507	1	0.001450	0.000693	100	4	0
648	644	8		1	0.008579	0.004098	151	4	0
649	645	8		1	0.006658	0.003180	151	4	0
676	706	8		1	0.086414	0.041347	151	4	0
706	705	4	2613	1	0.000898	0.000662	100	4	0
705	683	8		1	0.018158	0.013380	202	4	0
676	671	8		1	0.022357	0.010782	151	4	0
712	710	4	31606	1	0.000901	0.000664	100	4	0
710	701	8		1	0.026593	0.019596	202	4	0
780	799	8		1	0.049557	0.023670	151	4	0
799	798	4	390653	1	0.001444	0.000690	100	4	0
798	791	8		1	0.016832	0.008039	151	4	0
799	801	8		1	0.006140	0.002933	151	4	0
801	802	4	31614	1	0.000899	0.000663	100	4	0
802	832	8		1	0.021714	0.016001	202	4	0
801	817	8		1	0.043622	0.020835	151	4	0
817	815	4	568283	1	0.001430	0.000690	100	4	0
815	805	8		1	0.014376	0.006933	151	4	0
817	830	8		1	0.014966	0.007217	151	4	0
830	789	8		1	0.062416	0.030101	151	4	0
789	790	4	31609	1	0.000898	0.000662	100	4	0
790	800	8		1	0.025068	0.018472	202	4	0
789	774	8		1	0.025503	0.012181	151	4	0
774	757	8		1	0.031984	0.015277	151	4	0
774	775	4	433253	1	0.001446	0.000691	100	4	0
775	786	8		1	0.038087	0.018192	151	4	0
830	849	8		1	0.050271	0.024244	151	4	0
849	863	8		1	0.032069	0.015317	151	4	0
830	865	8		1	0.127395	0.061438	151	4	0
865	884	8		1	0.071502	0.034152	151	4	0
884	908	8		1	0.166353	0.079769	151	4	0
908	907	4	30598	1	0.001428	0.000689	100	4	0
907	894	8		1	0.392158	0.189123	151	4	0
894	851	8		1	0.218612	0.105428	151	4	0
851	809	8		1	0.126938	0.061217	151	4	0
809	831	8		1	0.012574	0.009266	202	4	0
831	833	4	2609	1	0.002436	0.000771	100	4	0
833	859	8		1	0.154040	0.048786	116	4	0
809	777	8		1	0.108042	0.052105	151	4	0
777	755	8		1	0.092906	0.044805	151	4	0
755	748	8		1	0.100045	0.048112	151	4	0
755	756	4	31612	1	0.002428	0.000769	100	4	0
756	772	8		1	0.044076	0.013959	116	4	0
772	773	4	477988	1	0.002429	0.000769	100	4	0
773	781	8		1	0.043843	0.013886	116	4	0
894	945	8		1	0.252705	0.121351	151	4	0
884	897	8		1	0.055764	0.026635	151	4	0
897	901	8		1	0.032324	0.015439	151	4	0
901	902	4	30595	1	0.000909	0.000664	100	4	0
902	903	8		1	0.024399	0.017835	202	4	0
901	949	8		1	0.165505	0.079051	151	4	0
949	967	8		1	0.037090	0.017887	151	4	0
967	968	4	30596	1	0.002430	0.000770	100	4	0
968	1160	8		1	1.074147	0.368686	116	4	0
780	847	8		1	0.122637	0.058821	151	4	0
847	846	8		1	0.004736	0.002262	151	4	0
846	845	4	1031	1	0.001446	0.000691	100	4	0
845	844	8		1	0.005883	0.002810	151	4	0
847	860	8		1	0.025560	0.012208	151	4	0
860	879	8		1	0.044587	0.021687	151	4	0
879	878	8		1	0.008535	0.004386	310	4	0
879	891	8		1	0.030674	0.015764	310	4	0
891	889	3	458371	1	0.000864	0.000444	310	4	0
889	881	8		1	0.017131	0.008804	999	4	0
879	888	8		1	0.009807	0.005040	310	4	0
743	764	8		1	0.040778	0.019666	151	4	0
764	769	8		1	0.025488	0.012292	151	4	0
769	770	4	940343	1	0.000864	0.000444	100	4	0
770	784	8		1	0.009807	0.005040	310	4	0
764	812	8		1	0.086459	0.041410	151	4	0
812	811	4	953518	1	0.001448	0.000691	151	4	0

811	804	8		1	0.012804	0.006116	151	4	0
812	842	8		1	0.050133	0.023946	151	4	0
764	761	8		1	0.007272	0.003507	151	4	0
667	665	8		1	0.014132	0.031097	522	4	0
665	688	8		1	0.011524	0.016818	575	4	0
688	689	3	441798	1	0.000279	0.000407	400	4	0
689	707	8		1	0.005649	0.008245	575	4	0
707	682	8		1	0.049197	0.023585	151	4	0
682	680	4	441800	1	0.001447	0.000691	100	4	0
680	679	8		1	0.013281	0.006405	151	4	0
679	685	8		1	0.015733	0.007588	151	4	0
679	666	8		1	0.059580	0.028602	151	4	0
666	652	8		1	0.066922	0.032028	151	4	0
652	640	8		1	0.034313	0.016389	151	4	0
640	623	8		1	0.071489	0.034212	151	4	0
623	617	8		1	0.058749	0.028190	151	4	0
617	620	8		1	0.013728	0.006620	151	4	0
617	613	8		1	0.060962	0.029269	151	4	0
613	611	3	30045	0	0.012170	0.005862	151	4	0
613	614	8		1	0.012510	0.006033	151	4	0
613	606	8		1	0.017738	0.008555	151	4	0
617	609	8		1	0.049552	0.023745	151	4	0
609	572	8		1	0.166375	0.079772	151	4	0
572	571	4	31607	1	0.002265	0.000750	50	4	0
571	556	8		1	0.120898	0.040020	97	4	0
623	626	8		1	0.009281	0.004476	151	4	0
623	612	8		1	0.084731	0.040557	151	4	0
612	596	8		1	0.101769	0.048608	151	4	0
596	603	8		1	0.106332	0.050787	151	4	0
596	579	8		1	0.056986	0.027327	151	4	0
579	586	8		1	0.018963	0.009145	151	4	0
579	575	8		1	0.007867	0.003794	151	4	0
579	577	8		1	0.010479	0.005054	151	4	0
652	655	8		1	0.015679	0.007489	151	4	0
655	656	4	428875	1	0.001447	0.000691	100	4	0
656	658	8		1	0.012687	0.006060	151	4	0
655	678	8		1	0.060016	0.028943	151	4	0
678	709	8		1	0.061651	0.029602	151	4	0
709	711	4	7377	1	0.001428	0.000689	100	4	0
711	749	8		1	0.066810	0.032220	151	4	0
749	739	8		1	0.060535	0.029075	151	4	0
739	747	8		1	0.014220	0.006858	151	4	0
747	862	8		1	0.192166	0.091973	151	4	0
862	843	8		1	0.039240	0.020166	310	4	0
843	810	8		1	0.032581	0.016017	200	4	0
810	759	8		1	0.072609	0.037314	310	4	0
759	751	8		1	0.011099	0.005704	310	4	0
759	768	8		1	0.009379	0.004820	310	4	0
759	724	8		1	0.040566	0.020847	310	4	0
724	722	8		1	0.004038	0.002075	310	4	0
722	713	8		1	0.013700	0.007041	310	4	0
713	694	8		1	0.021052	0.010818	310	4	0
694	695	4	540989	1	0.000863	0.000444	100	4	0
695	702	8		1	0.024598	0.012641	310	4	0
694	663	8		1	0.046704	0.024001	310	4	0
663	657	8		1	0.008279	0.004254	310	4	0
657	647	8		1	0.036068	0.018535	310	4	0
647	630	8		1	0.045676	0.023473	310	4	0
630	661	8		1	0.066888	0.034374	310	4	0
630	625	8		1	0.022638	0.011634	310	4	0
625	621	8		1	0.025920	0.013320	310	4	0
621	616	8		1	0.016300	0.008377	310	4	0
616	608	8		1	0.040335	0.020728	310	4	0
616	637	8		1	0.067064	0.034464	310	4	0
621	618	8		1	0.006026	0.003097	310	4	0
657	662	8		1	0.008360	0.004296	310	4	0
663	664	4	577488	1	0.000905	0.000662	202	4	0
664	675	8		1	0.026942	0.019694	202	4	0
722	723	4	566443	1	0.000864	0.000444	100	4	0
723	725	8		1	0.007936	0.004078	310	4	0
724	731	8		1	0.006759	0.003473	310	4	0
810	778	8		1	0.034480	0.017719	310	4	0
843	839	8		1	0.015846	0.008143	310	4	0
862	866	8		1	0.007787	0.004002	310	4	0
862	875	8		1	0.017650	0.008512	151	4	0
875	886	8		1	0.035268	0.017008	151	4	0

886	885	4	9948	1	0.002440	0.000773	100	4	0
885	882	8		1	0.071338	0.022593	116	4	0
739	733	8		1	0.023346	0.011259	151	4	0
739	730	8		1	0.013189	0.006361	151	4	0
749	758	8		1	0.016522	0.007968	151	4	0
758	848	8		1	0.143833	0.068837	151	4	0
848	876	8		1	0.049934	0.024081	151	4	0
749	760	8		1	0.054493	0.026148	151	4	0
760	752	8		1	0.011484	0.005538	151	4	0
760	765	8		1	0.019761	0.009530	151	4	0
760	771	8		1	0.017948	0.008656	151	4	0
771	861	8		1	0.151898	0.072552	151	4	0
861	887	8		1	0.054573	0.026170	151	4	0
666	670	8		1	0.008315	0.004010	151	4	0
666	624	8		1	0.143446	0.068722	151	4	0
679	641	8		1	0.112198	0.053806	151	4	0
707	719	8		1	0.005686	0.008298	575	4	0
719	736	8		1	0.006543	0.009549	575	4	0
736	767	8		1	0.034221	0.017586	310	4	0
736	762	8		1	0.007936	0.022318	522	4	0
762	787	8		1	0.008768	0.018098	420	4	0
787	819	8		1	0.011031	0.022770	420	4	0
787	788	4	330174	1	0.001434	0.000692	100	4	0
788	794	8		1	0.015282	0.007370	151	4	0
762	742	8		1	0.037375	0.017851	151	4	0
587	585	8		1	0.013947	0.006726	151	4	0
585	584	4	30589	1	0.001443	0.000689	100	4	0
584	581	8		1	0.023965	0.011446	151	4	0
581	580	8		1	0.038335	0.018401	151	4	0
580	576	8		1	0.035999	0.017251	151	4	0
580	557	8		1	0.083662	0.040040	151	4	0
580	589	8		1	0.018790	0.009062	151	4	0
490	501	8		1	0.046426	0.022389	151	4	0
501	502	4	30036	1	0.001425	0.000687	100	4	0
502	503	8		1	0.007791	0.003757	151	4	0
503	470	8		1	0.090470	0.043327	151	4	0
470	426	8		1	0.165320	0.078963	151	4	0
503	507	8		1	0.012509	0.006033	151	4	0
503	508	8		1	0.067275	0.032241	151	4	0
508	446	8		1	0.207803	0.099254	151	4	0
508	519	8		1	0.061178	0.029504	151	4	0
519	461	8		1	0.159418	0.076254	151	4	0
461	455	8		1	0.032561	0.015552	151	4	0
519	528	8		1	0.100487	0.047997	151	4	0
528	531	8		1	0.014842	0.007158	151	4	0
531	533	8		1	0.006877	0.003317	151	4	0
531	537	8		1	0.015369	0.007412	151	4	0
531	514	8		1	0.047803	0.022910	151	4	0
514	428	8		1	0.246175	0.117582	151	4	0
428	362	8		1	0.212993	0.102004	151	4	0
514	540	8		1	0.084769	0.040580	151	4	0
540	595	8		1	0.255210	0.122220	151	4	0
595	594	8		1	0.008783	0.004236	151	4	0
595	599	8		1	0.058341	0.028009	151	4	0
599	598	8		1	0.021121	0.010186	151	4	0
598	591	8		1	0.032883	0.015706	151	4	0
599	600	8		1	0.014817	0.007146	151	4	0
599	602	8		1	0.055573	0.026801	151	4	0
602	601	8		1	0.018225	0.008789	151	4	0
602	604	8		1	0.018652	0.008995	151	4	0
602	611	8		1	0.049041	0.023512	151	4	0
595	597	8		1	0.017829	0.008598	151	4	0
597	582	8		1	0.220461	0.106188	151	4	0
540	530	8		1	0.039655	0.013127	97	4	0
530	529	4	30594	1	0.002428	0.000769	100	4	0
529	480	8		1	0.281180	0.091343	97	4	0
169	146	8		1	0.044770	0.021384	151	4	0
146	131	8		1	0.036763	0.017559	151	4	0
131	130	4	30564	1	0.001447	0.000691	50	4	0
130	112	8		1	0.070277	0.033566	151	4	0
112	89	8		1	0.112080	0.053533	151	4	0
89	70	8		1	0.149684	0.071494	151	4	0
146	139	8		1	0.103001	0.049197	151	4	0
170	195	8		1	0.023408	0.031995	575	4	0
195	196	4	580035	1	0.001432	0.000691	100	4	0
196	201	8		1	0.068498	0.033034	151	4	0

201	204	8		1	0.018826	0.008992	151	4	0
204	203	4	451756	1	0.001442	0.000689	100	4	0
203	202	8		1	0.017728	0.008468	151	4	0
204	206	8		1	0.145754	0.069616	151	4	0
206	205	8		1	0.038255	0.018272	151	4	0
147	163	8		1	0.026097	0.012520	151	4	0
163	165	4	30559	1	0.001444	0.000690	100	4	0
165	184	8		1	0.073162	0.034945	151	4	0
184	186	8		1	0.140801	0.067252	151	4	0
186	192	8		1	0.219966	0.105064	151	4	0
192	191	4	949337	1	0.000906	0.000662	202	4	0
191	183	8		1	0.029242	0.021376	202	4	0
192	193	8		1	0.011254	0.005375	151	4	0
184	194	8		1	0.036658	0.017509	151	4	0
194	200	8		1	0.031376	0.014986	151	4	0
142	144	4	426559	1	0.000907	0.000663	100	4	0
144	157	8		1	0.017456	0.012760	202	4	0
102	103	8		1	0.037641	0.023670	151	4	0
102	95	8		1	0.002563	0.007208	522	4	0
93	97	8		1	0.000856	0.001017	575	4	0
93	99	8		1	0.001919	0.005398	522	4	0
41	43	8		1	0.008591	0.010210	575	4	0
1	35	0		1	0.000000	0.000000	NULL	5	0
35	53	8		1	0.031248	0.043151	575	5	0
53	54	3	555240	1	0.000279	0.000407	575	5	0
54	90	8		1	0.058720	0.085711	575	5	0
90	104	8		1	0.009979	0.013618	575	5	0
104	105	8		1	0.001213	0.001442	575	5	0
104	109	8		1	0.040829	0.050566	575	5	0
109	110	3	430241	1	0.000321	0.000382	400	5	0
110	214	8		1	0.262474	0.374752	575	5	0
214	215	3	543866	1	0.000278	0.000406	400	5	0
215	217	8		1	0.006611	0.009648	575	5	0
217	209	8		1	0.012407	0.018107	575	5	0
217	223	8		1	0.009982	0.013625	575	5	0
223	222	8		1	0.010262	0.004949	151	5	0
223	224	8		1	0.003277	0.003895	575	5	0
224	226	8		1	0.006571	0.009589	575	5	0
226	243	8		1	0.040956	0.057057	575	5	0
243	254	8		1	0.044548	0.021344	151	5	0
254	256	4	566442	1	0.001446	0.000691	151	5	0
256	273	8		1	0.077932	0.037297	151	5	0
273	276	8		1	0.015001	0.007234	151	5	0
273	267	8		1	0.012731	0.006140	151	5	0
273	282	8		1	0.041968	0.020097	151	5	0
282	285	8		1	0.045075	0.021738	151	5	0
285	288	8		1	0.011614	0.005601	151	5	0
285	257	8		1	0.125741	0.060193	151	5	0
257	263	8		1	0.042217	0.020216	151	5	0
257	244	8		1	0.045385	0.021755	151	5	0
257	248	8		1	0.025634	0.012362	151	5	0
285	319	8		1	0.127531	0.061783	151	5	0
319	346	8		1	0.057901	0.028554	151	5	0
346	350	8		1	0.019741	0.009520	151	5	0
346	286	8		1	0.220686	0.105944	151	5	0
286	283	8		1	0.052950	0.025396	151	5	0
283	268	8		1	0.071183	0.034329	151	5	0
268	261	8		1	0.037307	0.017819	151	5	0
283	259	8		1	0.112331	0.053718	151	5	0
259	258	8		1	0.011665	0.005626	151	5	0
258	252	8		1	0.010838	0.005227	151	5	0
258	251	8		1	0.023206	0.011191	151	5	0
258	281	8		1	0.086254	0.041308	151	5	0
283	316	8		1	0.111170	0.053209	151	5	0
316	326	8		1	0.073202	0.036128	151	5	0
326	332	8		1	0.007422	0.003814	310	5	0
326	329	4	508393	1	0.001441	0.000688	100	5	0
329	340	8		1	0.015997	0.007641	151	5	0
316	311	8		1	0.035028	0.016730	151	5	0
346	411	8		1	0.218775	0.104909	151	5	0
411	412	8		1	0.046624	0.023960	310	5	0
412	413	4	506853	1	0.001448	0.000691	100	5	0
413	418	8		1	0.014537	0.006944	151	5	0
243	242	8		1	0.008590	0.004143	151	5	0
243	255	8		1	0.007564	0.010436	575	5	0
255	275	8		1	0.017257	0.024092	575	5	0

275	272	8		1	0.010811	0.005214	151	5	0
275	277	8		1	0.002800	0.003328	575	5	0
277	278	3	31691	1	0.000279	0.000408	400	5	0
278	289	8		1	0.019556	0.027741	575	5	0
289	294	8		1	0.006689	0.003437	310	5	0
294	295	4	30690	1	0.000864	0.000444	100	5	0
295	367	8		1	0.102179	0.052510	100	5	0
367	419	8		1	0.076922	0.039531	310	5	0
419	408	8		1	0.036405	0.018708	310	5	0
408	406	8		1	0.010631	0.005463	310	5	0
408	416	8		1	0.012680	0.006516	310	5	0
408	400	8		1	0.011127	0.005718	310	5	0
419	445	8		1	0.067979	0.034935	310	5	0
445	467	8		1	0.054895	0.028211	310	5	0
467	456	8		1	0.058412	0.030018	310	5	0
467	504	8		1	0.055284	0.028411	310	5	0
467	471	8		1	0.010811	0.005556	310	5	0
289	284	8		1	0.011884	0.006107	310	5	0
289	293	8		1	0.016154	0.022524	575	5	0
293	301	8		1	0.025365	0.012233	151	5	0
301	304	4	433690	1	0.000865	0.000444	100	5	0
304	342	8		1	0.046878	0.024091	310	5	0
342	354	8		1	0.017286	0.008883	310	5	0
354	391	8		1	0.107124	0.055051	310	5	0
391	421	8		1	0.068196	0.035046	310	5	0
421	423	8		1	0.010288	0.005287	310	5	0
421	409	8		1	0.030058	0.015447	310	5	0
421	424	8		1	0.036430	0.018721	310	5	0
424	427	8		1	0.007055	0.003626	310	5	0
424	414	8		1	0.033848	0.017394	310	5	0
424	431	8		1	0.036620	0.018819	310	5	0
431	444	8		1	0.021963	0.011287	310	5	0
444	450	8		1	0.011253	0.005783	310	5	0
450	451	4	945477	1	0.000868	0.000446	100	5	0
451	452	8		1	0.007038	0.003617	310	5	0
431	435	8		1	0.011832	0.006081	310	5	0
431	415	8		1	0.046413	0.023852	310	5	0
391	375	8		1	0.022688	0.011660	310	5	0
375	298	8		1	0.105728	0.054334	310	5	0
354	462	8		1	0.210550	0.108202	310	5	0
462	475	8		1	0.022732	0.011682	310	5	0
475	538	8		1	0.105405	0.056385	310	5	0
462	464	8		1	0.041171	0.021158	310	5	0
464	483	8		1	0.032233	0.016565	310	5	0
464	460	8		1	0.008682	0.004462	310	5	0
464	472	8		1	0.042014	0.021591	310	5	0
472	511	8		1	0.059709	0.030685	310	5	0
472	469	8		1	0.007347	0.003776	310	5	0
472	481	8		1	0.040009	0.020561	310	5	0
481	492	8		1	0.016193	0.008322	310	5	0
481	478	8		1	0.005449	0.002800	310	5	0
481	489	8		1	0.032712	0.016811	310	5	0
489	515	8		1	0.037028	0.019029	310	5	0
489	499	8		1	0.036386	0.018699	310	5	0
499	525	8		1	0.036394	0.018703	310	5	0
499	491	8		1	0.009603	0.004935	310	5	0
499	506	8		1	0.036418	0.018715	310	5	0
506	520	8		1	0.017123	0.008799	310	5	0
506	505	8		1	0.004450	0.002287	310	5	0
506	512	8		1	0.014137	0.007265	310	5	0
512	513	4	523099	1	0.000867	0.000445	310	5	0
513	524	8		1	0.026334	0.013533	310	5	0
524	545	8		1	0.119995	0.061666	310	5	0
545	548	8		1	0.010600	0.005447	310	5	0
545	527	8		1	0.032991	0.016954	310	5	0
545	546	8		1	0.009634	0.004951	310	5	0
524	541	8		1	0.031594	0.016236	310	5	0
524	473	8		1	0.072107	0.037056	310	5	0
473	434	8		1	0.083744	0.043036	310	5	0
489	485	8		1	0.007286	0.003744	310	5	0
293	292	8		1	0.002617	0.003820	575	5	0
292	271	8		1	0.035155	0.048635	575	5	0
271	269	8		1	0.045051	0.063779	575	5	0
269	270	8		1	0.002955	0.003512	575	5	0
270	240	8		1	0.089732	0.043274	151	5	0
240	237	8		1	0.016003	0.007718	151	5	0

240	241	8		1	0.018698	0.009017	151	5	0
240	238	8		1	0.044419	0.021278	151	5	0
270	280	8		1	0.020374	0.009826	151	5	0
270	291	8		1	0.052719	0.070276	575	5	0
291	265	8		1	0.089576	0.043199	151	5	0
265	264	8		1	0.016892	0.008146	151	5	0
265	262	8		1	0.011589	0.005589	151	5	0
265	274	8		1	0.051700	0.024778	151	5	0
291	327	8		1	0.063367	0.031862	151	5	0
327	333	8		1	0.011467	0.005893	310	5	0
327	310	8		1	0.075622	0.038863	310	5	0
327	369	8		1	0.055293	0.028415	310	5	0
369	407	8		1	0.148876	0.076508	310	5	0
291	297	8		1	0.014845	0.019721	575	5	0
297	309	8		1	0.013414	0.019577	575	5	0
309	314	8		1	0.011646	0.016997	575	5	0
314	315	3	425931	1	0.000279	0.000407	400	5	0
315	320	8		1	0.007307	0.010664	575	5	0
320	345	8		1	0.023650	0.033851	575	5	0
345	325	8		1	0.006611	0.007857	575	5	0
325	334	8		1	0.032386	0.015469	151	5	0
334	335	4	31690	1	0.001448	0.000692	100	5	0
335	337	8		1	0.031734	0.015157	151	5	0
337	330	8		1	0.010408	0.005019	151	5	0
330	306	8		1	0.055004	0.026382	151	5	0
306	302	8		1	0.010174	0.004906	151	5	0
306	260	8		1	0.149918	0.071667	151	5	0
260	247	8		1	0.038456	0.018368	151	5	0
247	279	8		1	0.093684	0.044908	151	5	0
247	230	8		1	0.092980	0.044512	151	5	0
230	221	8		1	0.121390	0.058081	151	5	0
230	229	8		1	0.010103	0.004872	151	5	0
230	231	8		1	0.068270	0.032785	151	5	0
231	250	8		1	0.093756	0.044876	151	5	0
231	218	8		1	0.156284	0.075208	151	5	0
231	232	8		1	0.068834	0.033196	151	5	0
232	253	8		1	0.093349	0.044682	151	5	0
232	219	8		1	0.163237	0.078550	151	5	0
232	233	8		1	0.060581	0.029070	151	5	0
233	220	8		1	0.173567	0.083032	151	5	0
233	234	8		1	0.010334	0.004984	151	5	0
233	266	8		1	0.105258	0.051137	151	5	0
266	351	4	991029	0	0.131546	0.067602	100	5	0
306	313	8		1	0.092718	0.044715	151	5	0
337	343	8		1	0.039620	0.018924	151	5	0
337	365	8		1	0.134980	0.064942	151	5	0
325	323	8		1	0.034815	0.016629	151	5	0
345	348	8		1	0.006306	0.007495	575	5	0
345	373	8		1	0.014067	0.020088	575	5	0
373	371	8		1	0.027708	0.013234	151	5	0
371	372	4	32104	1	0.001432	0.000691	100	5	0
372	382	8		1	0.139945	0.067490	151	5	0
382	397	8		1	0.113748	0.054483	151	5	0
397	388	8		1	0.022359	0.010783	151	5	0
388	387	3	427009	1	0.000866	0.000445	310	5	0
387	364	8		1	0.043913	0.022567	310	5	0
364	351	8		1	0.016066	0.008256	310	5	0
364	359	8		1	0.015365	0.007896	310	5	0
364	366	8		1	0.079521	0.040866	310	5	0
397	398	8		1	0.006353	0.003064	151	5	0
397	429	8		1	0.111725	0.053881	151	5	0
429	487	8		1	0.184257	0.088557	151	5	0
487	488	8		1	0.012883	0.006213	151	5	0
487	482	4	31689	0	0.055698	0.026711	151	5	0
487	535	8		1	0.116122	0.055529	151	5	0
373	385	8		1	0.007049	0.010288	575	5	0
385	386	1	577823	1	0.000321	0.000382	575	5	0
386	420	8		1	0.014694	0.019229	575	5	0
420	463	8		1	0.053490	0.055886	151	5	0
463	459	8		1	0.065317	0.031371	151	5	0
459	458	8		1	0.011011	0.005310	151	5	0
459	425	8		1	0.115463	0.055190	151	5	0
425	394	8		1	0.100730	0.048284	151	5	0
394	378	8		1	0.034044	0.016261	151	5	0
394	395	4	938316	1	0.001448	0.000692	151	5	0
395	402	8		1	0.014424	0.006889	151	5	0

459	542	8		1	0.232053	0.111258	151	5	0
463	465	8		1	0.045164	0.021781	151	5	0
465	466	4	32103	1	0.001435	0.000692	151	5	0
466	468	8		1	0.024177	0.011660	151	5	0
468	430	8		1	0.129292	0.062353	151	5	0
468	474	8		1	0.070709	0.034100	151	5	0
474	437	8		1	0.134996	0.064592	151	5	0
474	477	8		1	0.050477	0.024185	151	5	0
477	479	8		1	0.021763	0.010495	151	5	0
479	443	8		1	0.132509	0.063393	151	5	0
479	482	8		1	0.014564	0.007024	151	5	0
479	532	8		1	0.126539	0.060520	151	5	0
474	526	8		1	0.122221	0.058446	151	5	0
468	521	8		1	0.130428	0.062554	151	5	0
463	510	8		1	0.024948	0.035458	575	5	0
510	559	8		1	0.033889	0.049462	575	5	0
559	555	8		1	0.026386	0.037184	575	5	0
555	536	8		1	0.143072	0.071012	151	5	0
536	549	8		1	0.063336	0.030545	151	5	0
549	550	4	31696	1	0.001431	0.000690	100	5	0
550	552	8		1	0.035507	0.017124	151	5	0
549	560	8		1	0.064394	0.030900	151	5	0
555	554	8		1	0.002190	0.002603	575	5	0
555	566	8		1	0.013172	0.017363	575	5	0
566	563	8		1	0.010630	0.005126	151	5	0
566	569	8		1	0.116735	0.055833	151	5	0
569	578	8		1	0.071185	0.034518	153	5	0
566	590	8		1	0.014738	0.019085	575	5	0
590	588	8		1	0.006707	0.007970	575	5	0
590	592	8		1	0.008891	0.012537	575	5	0
592	668	8		1	0.068045	0.098059	575	5	0
668	669	3	428997	1	0.000278	0.000405	400	5	0
669	698	8		1	0.011002	0.016057	575	5	0
698	744	8		1	0.016054	0.023428	575	5	0
744	741	8		1	0.018730	0.009625	310	5	0
741	740	8		1	0.017047	0.008760	310	5	0
740	738	4	415849	1	0.000864	0.000444	100	5	0
738	737	8		1	0.029938	0.015385	310	5	0
737	745	8		1	0.009042	0.004647	310	5	0
737	729	8		1	0.007095	0.003646	310	5	0
737	763	8		1	0.073335	0.037687	310	5	0
763	896	8		1	0.149435	0.076795	310	5	0
763	746	8		1	0.014965	0.007691	310	5	0
746	697	8		1	0.051069	0.026244	310	5	0
697	684	8		1	0.027022	0.013887	310	5	0
697	619	8		1	0.151691	0.077955	310	5	0
697	703	8		1	0.007876	0.004048	310	5	0
703	704	4	308416	1	0.001444	0.000689	100	5	0
704	674	8		1	0.096074	0.045888	151	5	0
674	673	8		1	0.020537	0.009809	151	5	0
673	672	8		1	0.026385	0.012602	151	5	0
672	717	8		1	0.151560	0.072971	151	5	0
672	822	8		1	0.312646	0.126899	116	5	0
822	823	4	306388	1	0.002437	0.000772	100	5	0
823	824	8		1	0.024146	0.007647	116	5	0
674	646	8		1	0.069178	0.033362	151	5	0
646	622	8		1	0.079791	0.038480	151	5	0
622	607	8		1	0.071063	0.034085	151	5	0
607	605	4	530312	1	0.000898	0.000662	100	5	0
605	583	8		1	0.070473	0.051930	202	5	0
646	627	8		1	0.119977	0.057304	151	5	0
744	750	8		1	0.001592	0.002323	575	5	0
750	753	8		1	0.009749	0.005010	310	5	0
753	754	4	939898	1	0.000864	0.000444	100	5	0
754	734	8		1	0.041749	0.021455	310	5	0
734	727	8		1	0.006821	0.003505	310	5	0
727	726	8		1	0.003125	0.001606	310	5	0
727	718	8		1	0.009657	0.004963	310	5	0
727	732	8		1	0.025570	0.013141	310	5	0
732	715	8		1	0.015908	0.008175	310	5	0
732	735	8		1	0.107394	0.055190	310	5	0
735	766	8		1	0.047732	0.024530	310	5	0
766	783	8		1	0.014202	0.007298	310	5	0
783	776	8		1	0.084093	0.043216	310	5	0
783	792	8		1	0.007955	0.004088	310	5	0
783	782	8		1	0.002275	0.001169	310	5	0

750	825	8		1	0.020778	0.030324	575	5	0
825	827	8		1	0.011373	0.005845	310	5	0
827	828	4	571190	1	0.000865	0.000445	100	5	0
828	834	8		1	0.013849	0.007117	310	5	0
834	838	8		1	0.025160	0.012930	310	5	0
838	797	8		1	0.061249	0.031476	310	5	0
797	793	8		1	0.005454	0.002803	310	5	0
797	796	8		1	0.002239	0.001151	310	5	0
797	803	8		1	0.010519	0.005406	310	5	0
803	816	8		1	0.051662	0.026549	310	5	0
816	820	8		1	0.003376	0.001735	310	5	0
816	806	8		1	0.008034	0.004129	310	5	0
816	837	8		1	0.008982	0.004616	310	5	0
837	836	8		1	0.060822	0.031257	310	5	0
836	818	8		1	0.039012	0.020048	310	5	0
836	814	8		1	0.011523	0.005922	310	5	0
838	840	8		1	0.002395	0.001231	310	5	0
838	813	8		1	0.014085	0.007238	310	5	0
834	807	8		1	0.014999	0.007708	310	5	0
834	835	8		1	0.000960	0.000493	310	5	0
825	841	8		1	0.005004	0.007303	575	5	0
841	868	8		1	0.010244	0.014950	575	5	0
868	872	8		1	0.013714	0.007048	310	5	0
872	873	4	532925	1	0.000868	0.000446	100	5	0
873	877	8		1	0.017791	0.009143	310	5	0
877	854	8		1	0.063865	0.032821	310	5	0
854	853	8		1	0.001042	0.000536	310	5	0
854	850	8		1	0.005612	0.002884	310	5	0
854	855	8		1	0.009142	0.004698	310	5	0
855	858	8		1	0.017623	0.009057	310	5	0
858	893	8		1	0.048790	0.025073	310	5	0
893	895	8		1	0.065980	0.033907	310	5	0
858	892	8		1	0.073207	0.037621	310	5	0
892	900	8		1	0.040202	0.020660	310	5	0
892	870	8		1	0.054910	0.028219	310	5	0
877	880	8		1	0.025292	0.012998	310	5	0
868	890	8		1	0.011240	0.016403	575	5	0
890	913	8		1	0.016115	0.023518	575	5	0
913	914	8		1	0.010561	0.005427	310	5	0
914	915	4	533900	1	0.000863	0.000444	100	5	0
915	916	8		1	0.009098	0.004675	310	5	0
916	927	8		1	0.040624	0.020877	310	5	0
927	932	8		1	0.033985	0.017465	310	5	0
932	941	8		1	0.024572	0.012628	310	5	0
941	944	8		1	0.008654	0.004447	310	5	0
944	943	8		1	0.010676	0.005486	310	5	0
944	946	8		1	0.009343	0.004802	310	5	0
944	939	8		1	0.043163	0.022181	310	5	0
932	905	8		1	0.042925	0.022059	310	5	0
905	898	8		1	0.011343	0.005829	310	5	0
905	909	8		1	0.005671	0.002914	310	5	0
905	910	8		1	0.013956	0.007172	310	5	0
910	929	8		1	0.051661	0.026549	310	5	0
929	917	8		1	0.040406	0.020765	310	5	0
927	928	8		1	0.000876	0.000450	310	5	0
927	937	8		1	0.029688	0.015257	310	5	0
913	920	8		1	0.005264	0.007683	575	5	0
920	947	8		1	0.021668	0.031622	575	5	0
947	961	8		1	0.005518	0.008053	575	5	0
961	960	8		1	0.012091	0.006214	310	5	0
960	959	4	505406	1	0.000864	0.000444	100	5	0
959	963	8		1	0.012067	0.006201	310	5	0
963	964	8		1	0.012937	0.006648	310	5	0
964	973	8		1	0.045828	0.023551	310	5	0
973	962	8		1	0.012383	0.006364	310	5	0
973	990	8		1	0.019656	0.010101	310	5	0
990	988	8		1	0.005004	0.002571	310	5	0
990	997	8		1	0.008524	0.004381	310	5	0
990	992	8		1	0.013615	0.006997	310	5	0
964	958	8		1	0.005918	0.003041	310	5	0
964	976	8		1	0.014928	0.007672	310	5	0
961	981	8		1	0.023676	0.012167	310	5	0
981	982	3	538649	1	0.000869	0.000446	310	5	0
982	998	8		1	0.017549	0.009019	310	5	0
998	1014	8		1	0.008320	0.006657	310	5	0
1014	1012	8		1	0.002546	0.003026	575	5	0

1012	1003	8		1	0.006082	0.008878	575	5	0
1003	1002	4	400594	1	0.001427	0.000688	100	5	0
1002	986	8		1	0.026410	0.012736	151	5	0
1003	1000	8		1	0.002541	0.003020	575	5	0
1000	1042	8		1	0.022232	0.031139	575	5	0
1042	1089	8		1	0.029588	0.039756	575	5	0
1089	1131	8		1	0.062805	0.032276	310	5	0
1089	1091	8		1	0.006531	0.009532	575	5	0
1091	1106	8		1	0.022203	0.031675	575	5	0
1106	1085	8		1	0.012186	0.016026	575	5	0
1085	1088	8		1	0.018019	0.008690	151	5	0
1085	1074	8		1	0.084152	0.040277	151	5	0
1085	1067	8		1	0.009501	0.013115	575	5	0
1067	1037	8		1	0.014027	0.020472	575	5	0
1037	1051	8		1	0.059701	0.028515	151	5	0
1051	1073	8		1	0.113086	0.054014	151	5	0
1037	1009	8		1	0.012768	0.018635	575	5	0
1009	980	8		1	0.009416	0.013745	575	5	0
1009	1008	8		1	0.010216	0.004880	151	5	0
1008	1007	4	571723	1	0.000867	0.000446	100	5	0
1007	1004	8		1	0.006168	0.003170	310	5	0
1004	957	8		1	0.084443	0.046379	310	5	0
1004	979	8		1	0.057373	0.029484	310	5	0
1106	1125	8		1	0.056006	0.034655	151	5	0
1125	1107	8		1	0.032166	0.015364	151	5	0
1125	1158	8		1	0.097650	0.046641	151	5	0
1106	1120	8		1	0.005519	0.006559	575	5	0
1000	993	8		1	0.004663	0.005542	575	5	0
1000	995	8		1	0.002098	0.002493	575	5	0
1012	1011	4	474339	1	0.001450	0.000692	100	5	0
1011	994	8		1	0.024595	0.011748	151	5	0
1014	1015	8		1	0.004680	0.006552	575	5	0
1014	1057	8		1	0.022893	0.032037	575	5	0
1057	1077	8		1	0.015436	0.021736	575	5	0
1077	1072	8		1	0.003915	0.004652	575	5	0
1077	1079	8		1	0.001743	0.002072	575	5	0
1077	1092	8		1	0.012906	0.016885	575	5	0
1092	1096	8		1	0.006784	0.003271	151	5	0
1092	1066	8		1	0.091555	0.043847	151	5	0
1092	1171	8		1	0.045149	0.065104	575	5	0
1171	1198	8		1	0.011135	0.016253	575	5	0
998	999	4	515327	1	0.000867	0.000446	310	5	0
999	1021	8		1	0.051469	0.026450	310	5	0
1021	1031	8		1	0.014678	0.007543	310	5	0
1021	1029	8		1	0.014783	0.007597	310	5	0
1029	1040	8		1	0.021008	0.010796	310	5	0
1029	1020	8		1	0.012088	0.006212	310	5	0
1020	1024	8		1	0.016968	0.008720	310	5	0
1020	1017	8		1	0.004193	0.002155	310	5	0
1020	1018	8		1	0.008017	0.004120	310	5	0
1029	1033	8		1	0.004929	0.002533	310	5	0
590	593	8		1	0.002406	0.002859	575	5	0
559	567	8		1	0.134200	0.064407	151	5	0
309	376	8		1	0.162976	0.077992	151	5	0
376	439	8		1	0.182346	0.087269	151	5	0
439	539	8		1	0.181447	0.092115	151	5	0
292	296	8		1	0.038380	0.019723	310	5	0
275	307	8		1	0.164422	0.079295	151	5	0
307	363	8		1	0.175607	0.084414	151	5	0
223	227	8		1	0.139607	0.066742	151	5	0
227	228	8		1	0.029020	0.013861	151	5	0
90	81	8		1	0.006252	0.009124	575	5	0

B.3 TRANSFORMADORES

Os transformadores pertencentes aos alimentadores envolvidos na contingência são relacionados a seguir, onde:

NO é o número do nó em que o trafo está instalado;

P é a potência ativa consumida pelo trafo (kW);

Q é a potência reativa consumida pelo trafo (kvar);

KVA é a potência nominal do trafo (kVA);

NUMPRIOR é o número de clientes prioritários atendidos pelo trafo.

As cargas informadas (P e Q) referem-se ao patamar 1 da distribuidora (madrugada, 00:00 h às 06:00 h). O motivo pelo qual alguns dos trafos não possuem carga (valor "NULL") não foi determinado.

NO	P	Q	KVA	NUMPRIOR
6	4.263460	1.308323	30.0	0
7	4.263460	1.308323	30.0	0
9	4.263460	1.308323	30.0	0
11	4.263460	1.308323	30.0	0
14	4.263460	1.308323	30.0	0
21	4.263460	1.308323	30.0	0
28	4.263460	1.308323	30.0	0
29	6.395191	1.962485	45.0	0
30	6.395191	1.962485	45.0	0
31	4.263460	1.308323	30.0	0
46	4.263460	1.308323	30.0	0
47	6.395191	1.962485	45.0	0
48	4.263460	1.308323	30.0	0
50	4.263460	1.308323	30.0	0
51	6.395191	1.962485	45.0	0
52	4.263460	1.308323	30.0	0
64	4.263460	1.308323	30.0	0
66	4.263460	1.308323	30.0	0
67	6.395191	1.962485	45.0	0
68	4.263460	1.308323	30.0	0
69	4.263460	1.308323	30.0	0
70	10.658654	3.270809	75.0	0
71	4.263460	1.308323	30.0	0
74	6.395191	1.962485	45.0	0
80	4.263460	1.308323	30.0	0
86	4.263460	1.308323	30.0	0
87	6.395191	1.962485	45.0	0
89	15.987983	4.906215	112.5	0
98	4.263460	1.308323	30.0	0
103	10.658654	3.270809	75.0	0
106	4.263460	1.308323	30.0	0
111	10.658654	3.270809	75.0	0
112	10.658654	3.270809	75.0	0
116	10.658654	3.270809	75.0	0
119	4.263460	1.308323	30.0	0
122	6.395191	1.962485	45.0	0
124	10.658654	3.270809	75.0	0
129	4.263460	1.308323	30.0	0
134	15.987983	4.906215	112.5	0
139	6.395191	1.962485	45.0	0
141	71.057701	21.805398	500.0	0
151	74.610587	22.895668	525.0	0
156	12.506155	3.837750	88.0	0
157	31.975965	9.812429	225.0	0
158	4.263460	1.308323	30.0	0
160	31.975965	9.812429	225.0	0
161	4.263460	1.308323	30.0	0
166	4.263460	1.308323	30.0	0
167	6.395191	1.962485	45.0	0
171	10.658654	3.270809	75.0	0
172	4.263460	1.308323	30.0	0
175	15.987983	4.906215	112.5	0
176	4.263460	1.308323	30.0	0
180	4.263460	1.308323	30.0	0
182	4.263460	1.308323	30.0	0
183	31.975965	9.812429	225.0	0
186	4.263460	1.308323	30.0	0

189	4.263460	1.308323	30.0	0
190	10.658654	3.270809	75.0	0
193	6.395191	1.962485	45.0	0
194	4.263460	1.308323	30.0	0
197	4.263460	1.308323	30.0	0
201	10.658654	3.270809	75.0	0
202	42.634619	13.083239	300.0	0
206	4.263460	1.308323	30.0	0
207	106.586552	32.708098	750.0	0
208	4.263460	1.308323	30.0	0
213	21.317308	6.541619	150.0	0
216	4.263460	1.308323	30.0	0
218	9.699257	6.593640	45.0	0
219	9.699257	6.593640	45.0	0
220	9.699257	6.593640	45.0	0
221	16.165429	10.989402	75.0	0
225	15.987983	4.906215	112.5	0
226	6.466170	4.395760	30.0	0
227	9.699257	6.593640	45.0	0
235	6.395191	1.962485	45.0	0
236	6.395191	1.962485	45.0	0
238	16.165429	10.989402	75.0	0
244	9.699257	6.593640	45.0	0
250	9.699257	6.593640	45.0	0
253	9.699257	6.593640	45.0	0
255	9.699257	6.593640	45.0	0
259	6.466170	4.395760	30.0	0
260	9.699257	6.593640	45.0	0
263	9.699257	6.593640	45.0	0
266	9.699257	6.593640	45.0	0
268	9.699257	6.593640	45.0	0
269	16.165429	10.989402	75.0	0
271	9.699257	6.593640	45.0	0
274	16.165429	10.989402	75.0	0
279	9.699257	6.593640	45.0	0
281	9.699257	6.593640	45.0	0
282	9.699257	6.593640	45.0	0
286	9.699257	6.593640	45.0	0
287	2.131729	0.654161	15.0	0
288	9.699257	6.593640	45.0	0
290	6.395191	1.962485	45.0	0
296	9.699257	6.593640	45.0	0
297	16.165429	10.989402	75.0	0
298	16.165429	10.989402	75.0	0
299	4.263460	1.308323	30.0	0
307	6.466170	4.395760	30.0	0
310	16.165429	10.989402	75.0	0
311	16.165429	10.989402	75.0	0
313	9.699257	6.593640	45.0	0
319	16.165429	10.989402	75.0	0
320	16.165429	10.989402	75.0	0
323	9.699257	6.593640	45.0	0
324	2.131729	0.654161	15.0	0
330	9.699257	6.593640	45.0	0
331	6.395191	1.962485	45.0	0
332	9.699257	6.593640	45.0	0
336	6.395191	1.962485	45.0	0
340	32.330859	21.978804	150.0	0
342	16.165429	10.989402	75.0	0
343	6.466170	4.395760	30.0	0
349	4.263460	1.308323	30.0	0
353	4.263460	1.308323	30.0	0
355	4.263460	1.308323	30.0	0
361	6.395191	1.962485	45.0	0
362	15.987983	4.906215	112.5	0
363	9.699257	6.593640	45.0	0
365	6.466170	4.395760	30.0	0
367	16.165429	10.989402	75.0	0
369	9.699257	6.593640	45.0	0
370	15.987983	4.906215	112.5	0
375	16.165429	10.989402	75.0	0
376	24.248143	16.484102	112.5	0
378	9.699257	6.593640	45.0	0
379	4.263460	1.308323	30.0	0
382	6.466170	4.395760	30.0	0
399	2.131729	0.654161	15.0	0

401	4.263460	1.308323	30.0	0
402	24.248143	16.484102	112.5	0
407	16.165429	10.989402	75.0	0
409	16.165429	10.989402	75.0	0
410	4.263460	1.308323	30.0	0
411	9.699257	6.593640	45.0	0
414	16.165429	10.989402	75.0	0
415	9.699257	6.593640	45.0	0
416	16.165429	10.989402	75.0	0
418	24.248143	16.484102	112.5	0
420	16.165429	10.989402	75.0	0
422	6.395191	1.962485	45.0	0
425	16.165429	10.989402	75.0	0
426	10.658654	3.270809	75.0	0
428	10.658654	3.270809	75.0	0
429	9.699257	6.593640	45.0	0
430	9.699257	6.593640	45.0	0
433	2.131729	0.654161	15.0	0
434	16.165429	10.989402	75.0	0
436	4.263460	1.308323	30.0	0
437	9.699257	6.593640	45.0	0
438	6.395191	1.962485	45.0	0
439	9.699257	6.593640	45.0	0
443	9.699257	6.593640	45.0	0
444	16.165429	10.989402	75.0	0
445	9.699257	6.593640	45.0	0
446	10.658654	3.270809	75.0	0
447	4.263460	1.308323	30.0	0
449	6.395191	1.962485	45.0	0
452	24.140373	16.410840	112.0	0
456	9.699257	6.593640	45.0	0
461	10.658654	3.270809	75.0	0
470	6.395191	1.962485	45.0	0
473	16.165429	10.989402	75.0	0
475	16.165429	10.989402	75.0	0
476	259.360613	79.589705	1825.0	0
477	6.466170	4.395760	30.0	0
480	4.263460	1.308323	30.0	0
483	16.165429	10.989402	75.0	0
492	16.165429	10.989402	75.0	0
493	2.131729	0.654161	15.0	0
500	6.395191	1.962485	45.0	0
504	16.165429	10.989402	75.0	0
507	10.658654	3.270809	75.0	0
510	9.699257	6.593640	45.0	0
511	16.165429	10.989402	75.0	0
515	16.165429	10.989402	75.0	0
520	9.699257	6.593640	45.0	0
521	9.699257	6.593640	45.0	0
523	4.263460	1.308323	30.0	0
525	16.165429	10.989402	75.0	0
526	9.699257	6.593640	45.0	0
527	16.165429	10.989402	75.0	0
528	6.395191	1.962485	45.0	0
532	9.699257	6.593640	45.0	0
534	4.263460	1.308323	30.0	0
535	9.699257	6.593640	45.0	0
536	9.699257	6.593640	45.0	0
538	16.165429	10.989402	75.0	0
539	6.466170	4.395760	30.0	0
541	16.165429	10.989402	75.0	0
542	24.248143	16.484102	112.5	0
552	24.248143	16.484102	112.5	0
556	2.131729	0.654161	15.0	0
557	6.395191	1.962485	45.0	0
560	18.967436	12.894231	88.0	0
561	4.263460	1.308323	30.0	0
562	10.658654	3.270809	75.0	0
564	4.263460	1.308323	30.0	0
567	24.248143	16.484102	112.5	0
569	9.699257	6.593640	45.0	0
570	6.395191	1.962485	45.0	0
576	6.395191	1.962485	45.0	0
578	9.699257	6.593640	45.0	0
581	15.987983	4.906215	112.5	0
582	6.395191	1.962485	45.0	0

583	6.466170	4.395760	30.0	0
586	6.395191	1.962485	45.0	0
592	16.165429	10.989402	75.0	0
597	6.395191	1.962485	45.0	0
598	10.658654	3.270809	75.0	0
601	10.658654	3.270809	75.0	0
603	6.395191	1.962485	45.0	0
606	12.506155	3.837750	88.0	0
608	10.658654	3.270809	75.0	0
609	6.395191	1.962485	45.0	0
610	6.395191	1.962485	45.0	0
612	6.395191	1.962485	45.0	0
618	31.975965	9.812429	225.0	0
619	16.165429	10.989402	75.0	0
622	16.165429	10.989402	75.0	0
624	10.658654	3.270809	75.0	0
625	15.987983	4.906215	112.5	0
627	24.248143	16.484102	112.5	0
633	10.658654	3.270809	75.0	0
634	6.395191	1.962485	45.0	0
637	6.395191	1.962485	45.0	0
638	15.987983	4.906215	112.5	0
639	15.987983	4.906215	112.5	0
640	6.395191	1.962485	45.0	0
641	10.658654	3.270809	75.0	0
642	6.395191	1.962485	45.0	0
643	6.395191	1.962485	45.0	0
644	15.987983	4.906215	112.5	0
645	6.395191	1.962485	45.0	0
647	10.658654	3.270809	75.0	0
651	15.987983	4.906215	112.5	0
654	1.417191	1.062893	30.0	0
658	15.987983	4.906215	112.5	0
661	6.395191	1.962485	45.0	0
662	21.317308	6.541619	150.0	0
665	15.987983	4.906215	112.5	0
673	16.165429	10.989402	75.0	0
675	42.634619	13.083239	300.0	0
678	6.395191	1.962485	45.0	0
681	15.987983	4.906215	112.5	0
683	21.317308	6.541619	150.0	0
684	16.165429	10.989402	75.0	0
685	6.395191	1.962485	45.0	0
690	10.658654	3.270809	75.0	0
693	12.663714	3.544017	45.0	0
698	24.248143	16.484102	112.5	0
699	4.263460	1.308323	30.0	0
701	15.987983	4.906215	112.5	0
702	21.317308	6.541619	150.0	0
713	12.506155	3.837750	88.0	0
714	21.317308	6.541619	150.0	0
715	32.330859	21.978804	150.0	0
716	8.442477	2.362678	30.0	0
717	9.699257	6.593640	45.0	0
719	4.263460	1.308323	30.0	0
720	10.658654	3.270809	75.0	0
725	21.317308	6.541619	150.0	0
728	6.395191	1.962485	45.0	0
731	31.975965	9.812429	225.0	0
734	32.330859	21.978804	150.0	0
735	24.248143	16.484102	112.5	0
741	9.699257	6.593640	45.0	0
742	4.263460	1.308323	30.0	0
745	16.165429	10.989402	75.0	0
746	16.165429	10.989402	75.0	0
747	10.658654	3.270809	75.0	0
748	10.658654	3.270809	75.0	0
757	6.395191	1.962485	45.0	0
758	10.658654	3.270809	75.0	0
766	32.330859	21.978804	150.0	0
767	10.658654	3.270809	75.0	0
771	4.263460	1.308323	30.0	0
776	24.248143	16.484102	112.5	0
777	6.395191	1.962485	45.0	0
778	15.987983	4.906215	112.5	0
779	4.263460	1.308323	30.0	0

781	31.975965	9.812429	225.0	0
784	42.634619	13.083239	300.0	0
785	10.658654	3.270809	75.0	0
786	42.634619	13.083239	300.0	0
791	21.317308	6.541619	150.0	0
794	31.975965	9.812429	225.0	0
795	8.442477	2.362678	30.0	0
800	15.987983	4.906215	112.5	0
803	32.330859	21.978804	150.0	0
804	15.987983	4.906215	112.5	0
805	21.317308	6.541619	150.0	0
807	32.330859	21.978804	150.0	0
808	12.663714	3.544017	45.0	0
813	32.330859	21.978804	150.0	0
814	16.165429	10.989402	75.0	0
818	24.248143	16.484102	112.5	0
824	6.466170	4.395760	30.0	0
832	21.317308	6.541619	150.0	0
837	24.248143	16.484102	112.5	0
839	4.263460	1.308323	30.0	0
841	16.165429	10.989402	75.0	0
842	15.987983	4.906215	112.5	0
844	15.987983	4.906215	112.5	0
848	10.658654	3.270809	75.0	0
849	12.506155	3.837750	88.0	0
851	4.263460	1.308323	30.0	0
852	31.975965	9.812429	225.0	0
855	24.248143	16.484102	112.5	0
859	4.263460	1.308323	30.0	0
860	4.263460	1.308323	30.0	0
861	4.263460	1.308323	30.0	0
864	42.634619	13.083239	300.0	0
865	15.987983	4.906215	112.5	0
867	NULL	NULL	112.5	0
869	8.442477	2.362678	30.0	0
870	24.248143	16.484102	112.5	0
875	10.658654	3.270809	75.0	0
880	16.165429	10.989402	75.0	0
881	138.562520	42.520528	975.0	0
883	8.442477	2.362678	30.0	0
890	16.165429	10.989402	75.0	0
893	24.248143	16.484102	112.5	0
895	24.248143	16.484102	112.5	0
896	16.165429	10.989402	75.0	0
897	4.263460	1.308323	30.0	0
899	716.203537	200.433904	2545.0	0
900	24.248143	16.484102	112.5	0
903	31.975965	9.812429	225.0	0
904	12.663714	3.544017	45.0	0
910	24.248143	16.484102	112.5	0
916	24.248143	16.484102	112.5	0
917	24.248143	16.484102	112.5	0
920	16.165429	10.989402	75.0	0
921	8.442477	2.362678	30.0	0
926	76.812300	78.364220	1000.0	0
929	16.165429	10.989402	75.0	0
930	567.133200	142.136978	4000.0	0
931	12.663714	3.544017	45.0	0
934	215.197200	78.106154	750.0	1
937	24.248143	16.484102	112.5	0
939	16.165429	10.989402	75.0	0
940	8.442477	2.362678	30.0	0
941	24.248143	16.484102	112.5	0
942	12.663714	3.544017	45.0	0
945	4.263460	1.308323	30.0	0
947	9.699257	6.593640	45.0	0
948	21.106194	5.906696	75.0	0
949	4.263460	1.308323	30.0	0
953	31.659291	8.860045	112.5	0
955	12.663714	3.544017	45.0	0
956	12.663714	3.544017	45.0	0
957	24.248143	16.484102	112.5	0
962	24.248143	16.484102	112.5	0
963	16.165429	10.989402	75.0	0
966	12.663714	3.544017	45.0	0
969	8.442477	2.362678	30.0	0

976	16.165429	10.989402	75.0	0
979	24.248143	16.484102	112.5	0
986	24.248143	16.484102	112.5	0
987	11.575800	4.931270	75.0	1
989	21.106194	5.906696	75.0	0
991	NULL	NULL	30.0	0
992	24.248143	16.484102	112.5	0
994	24.248143	16.484102	112.5	0
1010	12.663714	3.544017	45.0	0
1022	31.659291	8.860045	112.5	0
1024	24.248143	16.484102	112.5	0
1025	12.663714	3.544017	45.0	0
1031	24.248143	16.484102	112.5	0
1035	31.659291	8.860045	112.5	0
1040	24.248143	16.484102	112.5	0
1042	9.699257	6.593640	45.0	0
1046	12.663714	3.544017	45.0	0
1047	12.663714	3.544017	45.0	0
1048	NULL	NULL	75.0	0
1049	12.663714	3.544017	45.0	0
1051	9.699257	6.593640	45.0	0
1053	12.663714	3.544017	45.0	0
1057	9.699257	6.593640	45.0	0
1058	31.659291	8.860045	112.5	0
1060	12.663714	3.544017	45.0	0
1066	16.165429	10.989402	75.0	0
1067	6.466170	4.395760	30.0	0
1069	12.663714	3.544017	45.0	0
1073	18.967436	12.894231	88.0	0
1074	9.699257	6.593640	45.0	0
1076	12.663714	3.544017	45.0	0
1086	12.663714	3.544017	45.0	0
1087	63.318583	17.720089	225.0	0
1090	14.595192	10.946394	45.0	0
1091	9.699257	6.593640	45.0	0
1094	21.106194	5.906696	75.0	0
1101	21.106194	5.906696	75.0	0
1102	24.764600	6.930523	88.0	0
1103	12.663714	3.544017	45.0	0
1104	84.424777	23.626786	300.0	0
1107	9.699257	6.593640	45.0	0
1110	31.659291	8.860045	112.5	0
1111	31.659291	8.860045	112.5	0
1112	16.623195	12.467396	45.0	0
1118	21.106194	5.906696	75.0	0
1123	21.106194	5.906696	75.0	0
1128	16.799116	12.599337	45.0	0
1129	12.663714	3.544017	45.0	0
1130	21.106194	5.906696	75.0	0
1131	16.165429	10.989402	75.0	0
1132	8.442477	2.362678	30.0	0
1134	12.663714	3.544017	45.0	0
1136	12.663714	3.544017	45.0	0
1141	22.608081	16.956061	45.0	0
1144	21.106194	5.906696	75.0	0
1145	15.402464	11.551848	45.0	0
1146	21.106194	5.906696	75.0	0
1147	21.106194	5.906696	75.0	0
1148	12.663714	3.544017	45.0	0
1149	21.106194	5.906696	75.0	0
1150	21.106194	5.906696	75.0	0
1156	31.659291	8.860045	112.5	0
1158	9.699257	6.593640	45.0	0
1160	6.395191	1.962485	45.0	0
1161	NULL	NULL	30.0	0
1166	8.442477	2.362678	30.0	0
1171	9.699257	6.593640	45.0	0
1172	12.663714	3.544017	45.0	0
1173	31.659291	8.860045	112.5	0
1175	12.663714	3.544017	45.0	0
1180	12.663714	3.544017	45.0	0
1182	20.328252	15.246189	75.0	0
1183	25.147773	18.860830	75.0	0
1185	31.659291	8.860045	112.5	0
1190	21.106194	5.906696	75.0	0
1202	140.707963	39.377977	500.0	0

1208	12.663714	3.544017	45.0	0
1211	12.663714	3.544017	45.0	0
1213	12.663714	3.544017	45.0	0
1218	8.442477	2.362678	30.0	0
1219	12.099257	9.074443	30.0	0
1223	71.540100	30.475955	575.0	0
1225	21.106194	5.906696	75.0	0
1227	9.984633	7.488475	30.0	0
1228	NULL	NULL	225.0	0
1232	29.862813	22.397110	75.0	0
1234	102.433500	0.000000	1200.0	0
1236	19.078052	14.308539	45.0	0
1240	11.199113	8.399335	45.0	0
1249	12.663714	3.544017	45.0	0
1250	12.663714	3.544017	45.0	0
1256	14.537147	10.902860	45.0	0
1257	21.106194	5.906696	75.0	0
1259	8.442477	2.362678	30.0	0
1260	22.608081	16.956061	75.0	0
1262	12.663714	3.544017	45.0	0
1271	12.663714	3.544017	45.0	0
1280	7.488698	5.616524	45.0	0
1281	12.663714	3.544017	45.0	0
1282	19.736193	14.802145	45.0	0
1284	5.783068	4.337301	75.0	0
1290	3.871155	2.903366	45.0	0
1291	11.437544	8.578158	30.0	0
1292	8.442477	2.362678	30.0	0
1295	NULL	NULL	2000.0	0
1298	80.766000	69.068009	750.0	0
1299	NULL	NULL	45.0	0
1311	15.448900	11.586675	45.0	0
1312	25.925576	19.444182	75.0	0
1315	12.663714	3.544017	45.0	0
1316	12.663714	3.544017	45.0	0
1319	12.663714	3.544017	45.0	0
1320	8.283468	6.212601	45.0	0
1321	16.261530	12.196147	45.0	0
1324	31.659291	8.860045	112.5	0
1325	12.535041	9.401281	45.0	0
1326	21.106194	5.906696	75.0	0
1328	11.048196	8.286147	45.0	0
1329	21.106194	5.906696	75.0	0
1330	12.663714	3.544017	45.0	0
1331	238.916700	78.528122	900.0	0
1333	12.663714	3.544017	45.0	0
1335	84.424777	23.626786	300.0	0
1336	23.390349	17.542762	75.0	0
1337	8.442477	2.362678	30.0	0
1341	27.458857	20.594143	45.0	0
1344	63.318583	17.720089	225.0	0
1353	12.663714	3.544017	45.0	0
1360	31.659291	8.860045	112.5	0
1362	NULL	NULL	45.0	0
1368	14.290679	10.718009	30.0	0
1371	16.282069	12.211552	75.0	0
1381	NULL	NULL	300.0	0
1382	11.033015	8.274761	112.5	0
1383	45.704633	34.278475	112.5	0
1385	84.424777	23.626786	300.0	0
1388	8.442477	2.362678	30.0	0
1391	12.663714	3.544017	45.0	0
1394	14.094219	10.570664	45.0	0
1399	3.727382	2.795536	30.0	0
1400	1.352895	1.014671	225.0	0
1404	12.663714	3.544017	45.0	0
1407	11.333063	8.499797	45.0	0
1418	4.452498	3.339373	75.0	0
1419	16.691063	12.518297	45.0	0
1420	30.210190	22.657642	225.0	0
1421	21.106194	5.906696	75.0	0
1422	12.663714	3.544017	45.0	0
1423	8.442477	2.362678	30.0	0
1424	8.442477	2.362678	30.0	0
1427	NULL	NULL	225.0	0
1430	20.808686	15.606514	112.5	0

1431	6.206350	4.654763	30.0	0
1432	6.854668	5.141001	75.0	0
1435	18.149332	13.611999	45.0	0
1437	6.093832	4.570374	45.0	0
1438	8.442477	2.362678	30.0	0
1442	NULL	NULL	30.0	0
1446	12.663714	3.544017	45.0	0
1449	10.572227	7.929170	112.5	0
1451	8.442477	2.362678	30.0	0
1452	12.663714	3.544017	45.0	0
1453	211.061946	59.066966	750.0	0
1454	8.442477	2.362678	30.0	0
1455	26.169365	19.627024	75.0	0
1458	16.459776	12.344832	75.0	0
1474	21.993697	16.495273	45.0	0
1481	21.106194	5.906696	75.0	0
1483	14.420164	10.815123	112.5	0
1484	28.284882	21.213661	75.0	0
1486	12.182306	9.136730	45.0	0
1488	12.663714	3.544017	45.0	0
1491	12.663714	3.544017	45.0	0
1492	7.961538	1.657856	45.0	0
1500	10.669564	8.002173	45.0	0
1501	20.532749	15.399562	45.0	0
1503	8.442477	2.362678	30.0	0
1504	12.663714	3.544017	45.0	0
1505	12.663714	3.544017	45.0	0
1508	14.014742	10.511057	30.0	0
1512	5.307692	1.105237	30.0	0
1514	4.161380	3.121035	30.0	0
1517	18.510104	13.882578	75.0	0
1518	18.628873	13.971655	45.0	0
1521	21.106194	5.906696	75.0	0
1531	12.663714	3.544017	45.0	0
1532	8.442477	2.362678	30.0	0
1533	7.961538	1.657856	45.0	0
1535	13.109240	9.831930	30.0	0
1542	12.663714	3.544017	45.0	0
1545	39.807692	8.289281	225.0	0
1547	22.562538	16.921903	75.0	0
1548	12.663714	3.544017	45.0	0
1549	7.961538	1.657856	45.0	0
1551	8.533508	6.400131	30.0	0
1552	9.319348	6.989511	45.0	0
1553	12.663714	3.544017	45.0	0
1558	5.307692	1.105237	30.0	0
1561	20.879233	15.659425	45.0	0
1565	15.169391	11.377043	30.0	0
1578	12.663714	3.544017	45.0	0
1579	13.571814	10.178860	45.0	0
1580	18.276138	13.707103	75.0	0
1582	22.897413	17.173060	75.0	0
1587	12.663714	3.544017	45.0	0
1589	16.833943	12.625457	75.0	1
1592	29.009998	21.757498	45.0	0
1595	20.818509	15.613882	30.0	0
1596	12.663714	3.544017	45.0	0
1600	15.825746	11.869310	30.0	0
1602	12.663714	3.544017	45.0	0
1603	14.095112	10.571334	75.0	0
1605	15.126527	11.344895	45.0	0
1607	12.663714	3.544017	45.0	0
1608	21.557020	16.167765	75.0	0
1611	NULL	NULL	5.0	0
1615	12.663714	3.544017	45.0	0
1619	16.181160	12.135870	45.0	0
1623	758.469600	190.090400	1500.0	0
1625	12.663714	3.544017	45.0	0
1635	2.336981	1.752736	75.0	0
1641	1374.449400	665.676226	2500.0	1
1646	12.868101	5.974809	75.0	0
1647	NULL	NULL	1500.0	0
1654	1253.223000	365.523375	2000.0	1
1657	12.868101	5.974809	75.0	0
1661	12.868101	5.974809	75.0	0
1666	15.098572	7.010442	88.0	0

1668	19.302153	8.962213	112.5	0
1671	19.302153	8.962213	112.5	0
1673	19.302153	8.962213	112.5	0
1674	12.868101	5.974809	75.0	0
1678	12.868101	5.974809	75.0	0
1683	7.720860	3.584885	45.0	0
1684	25.736202	11.949617	150.0	0
1685	12.868101	5.974809	75.0	0
1688	12.868101	5.974809	75.0	0
1689	12.868101	5.974809	75.0	0
1690	12.868101	5.974809	75.0	0
1692	7.720860	3.584885	45.0	0
1693	5.147239	2.389923	30.0	0
1697	5.147239	2.389923	30.0	0
1698	7.720860	3.584885	45.0	0
1699	707.692307	147.364993	4000.0	0
1706	12.868101	5.974809	75.0	0
1707	5.147239	2.389923	30.0	0
1711	7.720860	3.584885	45.0	0
1716	7.720860	3.584885	45.0	0
1717	12.868101	5.974809	75.0	0
1718	12.868101	5.974809	75.0	0
1723	19.302153	8.962213	112.5	0
1724	19.302153	8.962213	112.5	0
1732	7.720860	3.584885	45.0	0
1734	12.868101	5.974809	75.0	0
1735	19.302153	8.962213	112.5	0
1736	12.868101	5.974809	75.0	0
1737	19.302153	8.962213	112.5	0
1744	19.302153	8.962213	112.5	0
1745	12.868101	5.974809	75.0	0
1746	12.868101	5.974809	75.0	0
1749	12.868101	5.974809	75.0	0
1753	19.302153	8.962213	112.5	0
1756	12.868101	5.974809	75.0	0
1765	12.868101	5.974809	75.0	0
1769	3.431493	1.593282	20.0	0
1772	12.868101	5.974809	75.0	0
1783	19.302153	8.962213	112.5	0
1784	7.720860	3.584885	45.0	0
1785	7.720860	3.584885	45.0	0
1787	12.868101	5.974809	75.0	0
1789	7.720860	3.584885	45.0	0
1796	19.302153	8.962213	112.5	0
1797	12.868101	5.974809	75.0	0
1798	7.720860	3.584885	45.0	0
1799	19.302153	8.962213	112.5	0
1803	19.302153	8.962213	112.5	0
1805	19.302153	8.962213	112.5	0
1806	12.868101	5.974809	75.0	0
1807	7.720860	3.584885	45.0	0
1809	5.147239	2.389923	30.0	0
1814	19.302153	8.962213	112.5	0
1816	7.720860	3.584885	45.0	0
1817	25.736202	11.949617	150.0	0
1820	7.720860	3.584885	45.0	0
1822	7.720860	3.584885	45.0	0
1827	7.720860	3.584885	45.0	0
1828	7.720860	3.584885	45.0	0
1830	12.868101	5.974809	75.0	0
1832	7.720860	3.584885	45.0	0
1834	12.868101	5.974809	75.0	0
1843	12.868101	5.974809	75.0	0
1846	7.720860	3.584885	45.0	0
1847	5.147239	2.389923	30.0	0
1850	7.720860	3.584885	45.0	0
1857	12.868101	5.974809	75.0	0
1859	51.472406	23.899235	300.0	0
1862	19.302153	8.962213	112.5	0
1865	19.302153	8.962213	112.5	0
1867	7.720860	3.584885	45.0	0
1870	214.468365	99.580150	1250.0	0
1871	12.868101	5.974809	75.0	0
1872	12.868101	5.974809	75.0	0
1876	7.720860	3.584885	45.0	0
1877	25.736202	11.949617	150.0	0

1879	12.868101	5.974809	75.0	0
1883	19.302153	8.962213	112.5	0
1884	25.736202	11.949617	150.0	0
1885	12.868101	5.974809	75.0	0
1889	19.302153	8.962213	112.5	0
1893	7.720860	3.584885	45.0	0
1894	25.736202	11.949617	150.0	0
1897	12.868101	5.974809	75.0	0
1901	5.147239	2.389923	30.0	0
1902	19.302153	8.962213	112.5	0
1907	5.147239	2.389923	30.0	0
1909	7.720860	3.584885	45.0	0
1910	5.147239	2.389923	30.0	0
1914	137.259753	63.731296	800.0	0
1916	12.868101	5.974809	75.0	0
1920	12.868101	5.974809	75.0	0
1922	5.147239	2.389923	30.0	0
1924	7.720860	3.584885	45.0	0
1925	25.736202	11.949617	150.0	0
1935	51.472406	23.899235	300.0	0
1937	25.736202	11.949617	150.0	0
1940	12.868101	5.974809	75.0	0
1941	5.147239	2.389923	30.0	0
1943	7.720860	3.584885	45.0	0
1945	5.147239	2.389923	30.0	0
1946	5.147239	2.389923	30.0	0
1948	12.868101	5.974809	75.0	0
1949	5.147239	2.389923	30.0	0
1958	19.302153	8.962213	112.5	0
1959	7.720860	3.584885	45.0	0
1965	51.472406	23.899235	300.0	0
1966	12.868101	5.974809	75.0	0
1967	12.868101	5.974809	75.0	0
1968	25.736202	11.949617	150.0	0
1970	7.720860	3.584885	45.0	0
1975	15.098572	7.010442	88.0	0
1977	7.720860	3.584885	45.0	0
1985	7.720860	3.584885	45.0	0
1987	12.868101	5.974809	75.0	0
1988	38.604305	17.924427	225.0	0
1991	7.720860	3.584885	45.0	0
1992	7.720860	3.584885	45.0	0
1998	5.147239	2.389923	30.0	0
1999	12.868101	5.974809	75.0	0
2003	7.720860	3.584885	45.0	0
2004	12.868101	5.974809	75.0	0
2007	5.147239	2.389923	30.0	0
2008	12.868101	5.974809	75.0	0
2009	7.720860	3.584885	45.0	0
2011	5.147239	2.389923	30.0	0
2013	7.720860	3.584885	45.0	0
2014	5.147239	2.389923	30.0	0

B.4 BANCOS DE CAPACITORES

Os bancos de capacitores presentes nos alimentadores envolvidos na contingência estão relacionados a seguir, sendo que:

NO é o número do nó em que o banco de capacitores está instalado;

KVAR é a potência nominal do banco de capacitores (kvar);

ST é o estado normal (0=NA, 1=NF) do banco na rede;

CTRL é um número de identificação do tipo de controle utilizado (0=fixo, 1=corrente).

Os bancos com estado NA são desconsiderados, ou seja, permanecem

desconectados da rede ao longo das simulações.

NO	kvar	ST	CTRL
155	600	1	0
224	600	1	1
509	600	1	0
1084	1200	1	0
1296	600	1	1
1361	1200	1	1
1369	450	1	0
1428	600	0	0
1617	1200	1	0
1639	1200	0	0
1687	1200	1	0
1829	300	1	1
1973	300	1	1