

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Estudo do Risco de um Sistema Eléctrico de Energia

Francisco Manuel Viana Ribeiro

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Prof. Doutor Fernando Pires Maciel Barbosa

julho de 2012

© Francisco Ribeiro, 2012

Resumo

A dependência das sociedades modernas do consumo da energia elétrica, leva a que seja encarada como um bem essencial, pelo que o estudo do risco de um Sistema Elétrico de Energia é fundamental.

Nos tempos de hoje em que se fala de eficiência energética e de redução de custos, o estudo do risco de um sistema elétrico ajuda os fornecedores de energia, pois podem ter um conhecimento mais aprofundado do sistema elétrico que operam e assim conseguir explorá-lo mais próximo dos seus limites estáveis, assegurando a qualidade de serviço adequada, para a rede.

Esta dissertação faz um estudo do risco de uma rede teste. Para o cálculo dos índices de risco de uma contingência é necessário conhecer nomeadamente a probabilidade de ocorrência das avarias, determinar a severidade dessa contingência, avaliar as violações de corrente, violações de tensões, perda de geração, perda de carga e a deteção de criação de ilhas elétricas.

Palavras-chaves: Estudo do risco, Incidente, Severidade, Sistema Elétrico de Energia, Taxa de avarias

Abstract

The modern society dependence for the electric power consumption is considered as a key asset, so the risk study of an Electrical Power System is crucial.

Nowadays that we talk a lot about energy efficient and cost reduction, the risk study of an electrical power system helps the power suppliers to get a deeper knowledge of the electrical system, which they operate. So, the operators can explore the system closer to its technical limits and ensuring proper quality service.

This dissertation studies the theoretical aspects of the risk of a system and the theoretical aspects are applied to study of the network risk of a test system. To calculate the risk rates of a contingency is necessary to know the occurrence probability of an event so as the resulting damages and determine the severity of the contingency.

Keywords: *Electrical Power System, Incident, Outage rate, Risk study, Severity*

Agradecimentos

Quero agradecer ao meu orientador, o Prof. Doutor Fernando Pires Maciel Barbosa, por todo o apoio e disponibilidade que prestou ao longo deste trabalho.

Agradeço à minha mãe e ao meu pai pelo esforço, dedicação e suporte prestado ao longo de toda a minha vida.

Agradeço também ao meu irmão e a todos os meus amigos, em especial à minha amiga Filipa Frade Teixeira, pelo incentivo e amizade.

A todos, um muito obrigado.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras	xi
Lista de tabelas	xiii
Abreviaturas e Símbolos	xxvii
Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1- Objetivos	1
1.2- Ferramentas de trabalho	2
1.3- Estrutura da dissertação.....	2
Capítulo 2	3
Risco de um Sistema Elétrico de Energia	3
2.1 - Introdução.....	3
2.2 - Fiabilidade dos componentes de um SEE	4
2.3 - Incidentes	6
2.4 - Fatores ambientais que afetam a probabilidade de risco de um SEE.....	8
2.5 - Cálculo do Risco de um SEE	10
2.6 - Conclusão	17
Capítulo 3	19
Apresentação e Análise de Resultados	19
3.1- Introdução.....	19
3.2- Simulação de saída de serviço de uma linha ou transformador	24
3.3- Simulação de saída de serviço de várias linhas e/ou transformadores.....	67
3.4- Simulação de saída de serviço de um gerador	79
3.5- Conclusão	110
Capítulo 4	113
Conclusões	113
4.1- Conclusões Gerais.....	113

4.2- Trabalhos Futuros.....	114
Referências	115
Anexo A.....	117
Descrição da rede teste	117

Lista de figuras

Figura 1.1 - Variação anual da evolução do consumo de 2002 a 2011.....	1
Figura 2.1 - Exemplo de uma saída em grupo	8
Figura 2.2 - Percentagem de disparos relativamente à sua causa no período de 2001 a 2009.....	9
Figura 2.3 - Distribuição mensal de disparos devido a incêndios no período de 2001 a 2009	9
Figura 2.4 - Diagrama de ocorrência de uma avaria.....	15
Figura 3.1 - Esquema da rede teste utilizada.....	20
Figura A.1 - Esquema da Zona A da rede teste	118
Figura A.2 - Esquema da Zona A e B da rede teste	119
Figura A.3 - Esquema da rede teste	120

Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Fatores de peso para determinar a severidade global (fonte [2])	14
Tabela 3.1 - Valor de tensão de cada barramento após resolver trânsito de potência	21
Tabela 3.2 - Probabilidade de ocorrência de avaria de cada linha ou transformador	22
Tabela 3.3 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A1	24
Tabela 3.4 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A1	24
Tabela 3.5 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A4	25
Tabela 3.6 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A4	25
Tabela 3.7 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador A7	25
Tabela 3.8 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador A7	26
Tabela 3.9 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A11.....	26
Tabela 3.10 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A11	26
Tabela 3.11 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A12-1	26
Tabela 3.12 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A12-1.....	27
Tabela 3.13 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A13-2	27
Tabela 3.14 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A13-2.....	27
Tabela 3.15 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador A15.....	27
Tabela 3.16 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador A15	28

Tabela 3.17 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador A16	28
Tabela 3.18 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador A16	28
Tabela 3.19 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador A17	28
Tabela 3.20 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador A17	29
Tabela 3.21 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A18	29
Tabela 3.22 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A18	29
Tabela 3.23 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A20	29
Tabela 3.24 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A20	30
Tabela 3.25 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A21	30
Tabela 3.26 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A21	30
Tabela 3.27 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha AB2	30
Tabela 3.28 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha AB2	31
Tabela 3.29 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A23	31
Tabela 3.30 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A23	31
Tabela 3.31 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A26	32
Tabela 3.32 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A26	32
Tabela 3.33 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A28	32
Tabela 3.34 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A28	33
Tabela 3.35 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A29	33
Tabela 3.36 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A29	33
Tabela 3.37 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B1	33
Tabela 3.38 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B1	34
Tabela 3.39 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B3	34
Tabela 3.40 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B3	34

Tabela 3.41 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B4	34
Tabela 3.42 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B4.....	35
Tabela 3.43 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador B7	35
Tabela 3.44 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador B7	35
Tabela 3.45 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B11	36
Tabela 3.46 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída da linha B11	36
Tabela 3.47 - Lista de barramentos em que ocorre perda de carga após simulação de saída da linha B11	37
Tabela 3.48 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço da linha B11	37
Tabela 3.49 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B11	37
Tabela 3.50 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B12-1	37
Tabela 3.51 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B12-1.....	37
Tabela 3.52 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B13-2.....	38
Tabela 3.53 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B13-2.....	38
Tabela 3.54 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador B14.....	38
Tabela 3.55 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador B14	38
Tabela 3.56 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador B15.....	39
Tabela 3.57 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador B15	39
Tabela 3.58 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador B16.....	39
Tabela 3.59 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador B16	40
Tabela 3.60 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador B17.....	40
Tabela 3.61 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador B17	40
Tabela 3.62 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B20	40
Tabela 3.63 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B20	41

Tabela 3.64 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B21	41
Tabela 3.65 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B21	41
Tabela 3.66 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B22	42
Tabela 3.67 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B22	42
Tabela 3.68 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B23	42
Tabela 3.69 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B23	42
Tabela 3.70 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B25	43
Tabela 3.71 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B25	43
Tabela 3.72 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B26	44
Tabela 3.73 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B26	44
Tabela 3.74 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B27	45
Tabela 3.75 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B27	45
Tabela 3.76 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B29	45
Tabela 3.77 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B29	46
Tabela 3.78 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B30	46
Tabela 3.79 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B30	46
Tabela 3.80 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B31	46
Tabela 3.81 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B31	47
Tabela 3.82 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B32	47
Tabela 3.83 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B32	47
Tabela 3.84 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B33	47
Tabela 3.85 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B33	48
Tabela 3.86 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B34	48
Tabela 3.87 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B34	48

Tabela 3.88 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C1	49
Tabela 3.89 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C1	49
Tabela 3.90 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C2	49
Tabela 3.91 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C2	50
Tabela 3.92 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C3	50
Tabela 3.93 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C3	50
Tabela 3.94 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C4	50
Tabela 3.95 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C4	51
Tabela 3.96 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C5	51
Tabela 3.97 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C5	51
Tabela 3.98 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C6	51
Tabela 3.99 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C6	52
Tabela 3.100 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C8	52
Tabela 3.101 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C8	52
Tabela 3.102 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C9	52
Tabela 3.103 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C9	53
Tabela 3.104 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C11	53
Tabela 3.105 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída da linha C11	54
Tabela 3.106 - Lista de barramentos em que ocorre perda de carga após simulação de saída da linha C11	54
Tabela 3.107 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço da linha C11	54
Tabela 3.108 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C11	54
Tabela 3.109 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C12-1	54
Tabela 3.110 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C12-1	55

Tabela 3.111 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C13-2.....	55
Tabela 3.112 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C13-2	55
Tabela 3.113 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador C14	55
Tabela 3.114 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador C14.....	56
Tabela 3.115 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador C15	56
Tabela 3.116 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador C15	56
Tabela 3.117 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador C17	57
Tabela 3.118 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador C17.....	57
Tabela 3.119 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C18	57
Tabela 3.120 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C18	58
Tabela 3.121 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C20	58
Tabela 3.122 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C20	58
Tabela 3.123 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C21	59
Tabela 3.124 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C21	59
Tabela 3.125 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C22	60
Tabela 3.126 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C22	60
Tabela 3.127 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C24	61
Tabela 3.128 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C24	61
Tabela 3.129 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C25	61
Tabela 3.130 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C25	61
Tabela 3.131 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C27	62
Tabela 3.132 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C27	62
Tabela 3.133 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C28	62
Tabela 3.134 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C28	63

Tabela 3.135 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C29	63
Tabela 3.136 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C29.....	63
Tabela 3.137 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C30	63
Tabela 3.138 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C30.....	64
Tabela 3.139 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C31	64
Tabela 3.140 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C31.....	64
Tabela 3.141 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C32	64
Tabela 3.142 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C32.....	65
Tabela 3.143 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C33	65
Tabela 3.144 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C33.....	65
Tabela 3.145 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C34	65
Tabela 3.146 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C34.....	66
Tabela 3.147 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha CB-1	66
Tabela 3.148 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha CB-1	66
Tabela 3.149 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C35	67
Tabela 3.150 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C35.....	67
Tabela 3.151 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2	68
Tabela 3.152 - Lista de linhas e/ou transformadores em que ocorre violação de corrente após simulação de saída das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2	68
Tabela 3.153 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2	68
Tabela 3.154 - Cálculo do risco associado à saída de serviço das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2	68
Tabela 3.155 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2 e saída de serviço forçada da linha B25-2	70
Tabela 3.156 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2 e saída de serviço forçada da linha B25-2 ...	71

Tabela 3.157 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2 e saída de serviço forçada da linha B25-2	71
Tabela 3.158 - Cálculo do risco associado à saída de serviço das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2 e saída de serviço forçada da linha B25-2	71
Tabela 3.159 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço das linhas A2 e A26.....	72
Tabela 3.160 - Lista de linhas e/ou transformadores em que ocorre violação de corrente após simulação de saída das linhas A2 e A26.....	73
Tabela 3.161 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço das linhas A2 e A26.....	73
Tabela 3.162 - Cálculo do risco associado à saída de serviço das linhas A2 e A26	73
Tabela 3.163 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço das linhas A2 e A26 e saída de serviço forçada da linha A6.....	74
Tabela 3.164 - Lista de barramentos em que ocorre perda de carga após simulação de saída das linhas A2 e A26 e saída de serviço forçada da linha A6	74
Tabela 3.165 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço das linhas A2 e A26 e saída de serviço forçada da linha A6.....	74
Tabela 3.166 - Cálculo do risco associado à saída de serviço das linhas A2 e A26 e saída de serviço forçada da linha A6	75
Tabela 3.167 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3 e CB-1	75
Tabela 3.168 - Valores da geração total e carga consumida por cada ilha elétrica formada após simulação de saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3 e CB-1	76
Tabela 3.169 - Cálculo do risco associado à saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3 e CB-1.....	76
Tabela 3.170 - Valores da geração total e carga consumida por cada ilha elétrica formada após simulação de saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3 e CA-1	77
Tabela 3.171 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço das linhas CA-1 e CB-1	77
Tabela 3.172 - Valores da geração total e carga consumida por cada ilha elétrica formada tensão após simulação de saída de serviço das linhas CA-1 e CB-1	77
Tabela 3.173 - Cálculo do risco associado à saída de serviço das linhas CA-1 e CB-1	78
Tabela 3.174 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3, CA-1 e CB-1	78
Tabela 3.175 - Valores da geração total e carga consumida por cada ilha elétrica formada após simulação de saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3, CA-1 e CB-1.....	79
Tabela 3.176 - Cálculo do risco associado à saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3, CA-1 e CB-1	79

Tabela 3.177 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 101	80
Tabela 3.178 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 101	80
Tabela 3.179 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 101	80
Tabela 3.180 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 101.....	80
Tabela 3.181 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 102	81
Tabela 3.182 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 102	81
Tabela 3.183 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 102	81
Tabela 3.184 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 102.....	81
Tabela 3.185 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 107.....	82
Tabela 3.186 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 107.....	82
Tabela 3.187 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 107	82
Tabela 3.188 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 107.....	82
Tabela 3.189 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 118.....	83
Tabela 3.190 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 118.....	83
Tabela 3.191 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 118.....	83
Tabela 3.192 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 118.....	83
Tabela 3.193 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 121.....	84
Tabela 3.194 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 121.....	84
Tabela 3.195 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 121.....	84
Tabela 3.196 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 121.....	84

Tabela 3.197 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 122.....	85
Tabela 3.198 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 122.....	85
Tabela 3.199 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 122	85
Tabela 3.200 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 122	85
Tabela 3.201 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 do barramento 123	86
Tabela 3.202 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 do barramento 123	86
Tabela 3.203 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 do barramento 123	86
Tabela 3.204 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 do barramento 123	86
Tabela 3.205 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 201	87
Tabela 3.206 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 201	87
Tabela 3.207 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 201	87
Tabela 3.208 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 201	87
Tabela 3.209 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 202	88
Tabela 3.210 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 202	88
Tabela 3.211 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 202	88
Tabela 3.212 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 202	89
Tabela 3.213 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 207.....	89
Tabela 3.214 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 207.....	89
Tabela 3.215 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 207	90
Tabela 3.216 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 207	90

Tabela 3.217 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 213	90
Tabela 3.218 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 213	90
Tabela 3.219 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 213	91
Tabela 3.220 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 213.....	91
Tabela 3.221 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 216.....	91
Tabela 3.222 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 216.....	91
Tabela 3.223 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 216.....	91
Tabela 3.224 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 216.....	92
Tabela 3.225 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 218.....	92
Tabela 3.226 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 218.....	92
Tabela 3.227 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 218.....	92
Tabela 3.228 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 218.....	92
Tabela 3.229 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 222.....	93
Tabela 3.230 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 222.....	93
Tabela 3.231 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 222	93
Tabela 3.232 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 222.....	93
Tabela 3.233 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 223	94
Tabela 3.234 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 223	94
Tabela 3.235 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 223	94
Tabela 3.236 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 223.....	94

Tabela 3.237 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 do barramento 223	95
Tabela 3.238 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 do barramento 223	95
Tabela 3.239 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 do barramento 223	95
Tabela 3.240 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 do barramento 223	95
Tabela 3.241 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 301	96
Tabela 3.242 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 301	96
Tabela 3.243 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 301	96
Tabela 3.244 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 301	96
Tabela 3.245 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 301	97
Tabela 3.246 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 301	97
Tabela 3.247 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 301	98
Tabela 3.248 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 301	98
Tabela 3.249 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 302	98
Tabela 3.250 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 302	98
Tabela 3.251 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 302	99
Tabela 3.252 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 302	99
Tabela 3.253 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 302	99
Tabela 3.254 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 302	100
Tabela 3.255 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 302	100
Tabela 3.256 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 302	100

Tabela 3.257 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 307	101
Tabela 3.258 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 307	101
Tabela 3.259 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 307	101
Tabela 3.260 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 307.....	101
Tabela 3.261 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 313	102
Tabela 3.262 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 313	102
Tabela 3.263 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 313	102
Tabela 3.264 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 313.....	103
Tabela 3.265 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 6 do barramento 315.....	103
Tabela 3.266 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 6 do barramento 315.....	103
Tabela 3.267 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 6 do barramento 315.....	103
Tabela 3.268 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 6 do barramento 315.....	103
Tabela 3.269 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 316.....	104
Tabela 3.270 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 316.....	104
Tabela 3.271 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 316.....	104
Tabela 3.272 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 316.....	104
Tabela 3.273 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 318.....	105
Tabela 3.274 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 318.....	105
Tabela 3.275 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 318.....	105
Tabela 3.276 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 318.....	106

Tabela 3.277 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 321	106
Tabela 3.278 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 321	106
Tabela 3.279 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 321	107
Tabela 3.280 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 321	107
Tabela 3.281 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 322.....	107
Tabela 3.282 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 322.....	107
Tabela 3.283 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 322	108
Tabela 3.284 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 322	108
Tabela 3.285 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 323	108
Tabela 3.286 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 323	108
Tabela 3.287 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 323	109
Tabela 3.288 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 323	109
Tabela 3.289 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 do barramento 323	109
Tabela 3.290 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 do barramento 323	110
Tabela 3.291 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 do barramento 323	110
Tabela 3.292 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 do barramento 323	110
Tabela 3.293 - Lista de linhas e transformadores com maior índice de risco.....	110
Tabela 3.294 - Lista de geradores com maior índice de risco	111
Tabela A.1 - Lista de barramentos, a sua potência base e carga consumida	121
Tabela A.2 - Lista de geradores por barramento.....	122
Tabela A.3 - Características de linhas e transformadores.....	125

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

B	Admitância
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
P	Potência ativa
Q	Potência reativa
Q _{max}	Potência reativa máxima
Q _{min}	Potência reativa mínima
R	Resistência
REN	Redes Energéticas Nacionais
RNT	Rede Nacional de Transporte
S	Potência aparente
SEE	Sistema Elétrico de Energia
X	Reatância

Lista de símbolos

kV	Quilovolt
MW	Megawatt
MVA	Megavolt ampere
MVAR	Megavolt ampere reativo
pu	Sistema por unidade
V	Volt

Capítulo 1

Introdução

1.1- Objetivos

Na nossa sociedade, cada vez mais, a energia elétrica é dado como um bem essencial, o consumo tem aumentado ao longo dos anos, como se pode verificar na figura 1.1, pelo que a falta da energia elétrica é encarada como desconforto, tanto a nível residencial como industrial.



Figura 1.1 - Variação anual da evolução do consumo de 2002 a 2011 (fonte [8])

As consequências económicas de apagões¹ são prejudiciais e indesejáveis. Estas situações como podem ser de longa duração e abrangendo uma grande área de consumidores, há

¹ *blackout*

2 Introdução

consequências diretas, como a perda de produção, logo perda de lucro, assim como poderão provocar danos em equipamentos. De uma forma indireta há a insatisfação dos clientes pela energia não fornecida. É assim necessário que este tipo de situações seja evitado ou minimizado.

Devido à dependência cada vez maior da energia elétrica, o estudo do risco de um SEE é do maior interesse, pois um bom conhecimento dos riscos associados irá aumentar a qualidade de serviço disponibilizado ao consumidor final. Em termos económicos o estudo do risco tem as suas vantagens, pois irá resultar num melhor conhecimento do funcionamento da rede e proceder-se-á, de uma forma mais eficaz às manutenções e investimentos adequados, evitando custos desnecessários.

Esta dissertação tem como objetivo principal o estudo do risco de um SEE, para o que é necessária a determinação de diversos índices do risco do sistema, a escolha de uma rede teste para o cálculo dos diferentes índices e, por fim, a análise de resultados obtidos.

1.2- Ferramentas de trabalho

No desenvolvimento desta dissertação foi utilizado o *software* de resolução de trânsito de potência *PowerWorld (Version 8)* da *PowerWorld Corporation*.

1.3- Estrutura da dissertação

Esta dissertação é dividida em quatro capítulos, além desta introdução e por mais três capítulos, bibliografia e por um anexo onde se encontra a descrição da rede teste utilizada para o estudo realizado.

No Capítulo 2 são apresentados os aspetos teóricos sobre o problema do risco de um SEE, e explicado como irá ser efetuado o cálculo do risco através da probabilidade de avaria dos componentes e da severidade que resulta dessa avaria.

No Capítulo 3 são apresentados e analisados os resultados obtidos durante as simulações efetuadas ao longo do trabalho realizado.

No Capítulo 4 apresenta-se as conclusões sobre o trabalho realizado e aspetos a ter em consideração em trabalhos futuros sobre este tema.

Capítulo 2

Risco de um Sistema Elétrico de Energia

2.1 - Introdução

Um SEE tem como principal objetivo alimentar todas as cargas dos consumidores com o máximo de qualidade ao menor custo e de tal forma que a continuidade do serviço não seja posta em causa. A qualidade de serviço resume-se a que os valores de tensão e de frequência sejam cumpridos dentro dos valores contratuais e não haja distorção harmónica.

Um SEE pode-se resumir a três subsistemas: o sistema de produção, o sistema de transporte e o sistema de distribuição. O sistema de produção, tradicionalmente longe dos locais de consumo, devido a questões ambientais e técnicas, é onde há maioria da geração de energia elétrica, sendo transportada para os locais de consumos através do sistema de transporte, por fim o sistema de distribuição faz a ligação entre o transporte e os locais de consumos. O forte incremento da produção dispersa faz contudo com que já haja produção significativa perto dos locais de consumo.

Devido aos fatores referidos os SEE são explorados muito próximo dos seus limites técnicos das suas capacidades, para o que contribuem nomeadamente os seguintes fatores [16]:

- A liberalização e a reestruturação do setor elétrico têm vindo a conduzir à igualdade de acesso ao sistema de transmissão de produtores e consumidores, tornando, deste modo, o mercado de eletricidade mais competitivo, levando os SEE a serem mais eficientes, ou seja, a prestarem o mesmo serviço a custos inferiores, o que por sua vez leva os operadores a explorarem os sistemas mais próximos dos seus limites de segurança e estabilidade;

- O aparecimento de produtores independentes dificulta a previsão de panoramas de variação de produção;
- A supervisão e operação dos SEE estão dependentes de um maior número de operadores, o que pode dificultar a determinar uma solução ótima;
- Pressões a nível ambiental e de segurança urbana restringem bastante o reforço dos SEE, quer seja com o intuito de construir novos centros produtores, quer em termos de construção de novas redes de transporte;
- A intermitência das energias renováveis.

No planeamento e operação dos SEE é necessário definir a quantidade de energia que se pode ser transmitida em segurança, pelo que é de interesse determinar a disponibilidade da capacidade de transmissão dos sistemas, que têm vindo a crescer, fazendo com que a rede de transporte seja mais eficaz e segura.

Fazer um planeamento para um SEE é necessário determinar uma solução otimizada, para o que é necessário o equilíbrio entre os termos técnicos e os termos económicos. Os investimentos têm que ser realizados na produção de energia elétrica e nas redes de modo a melhorar a fiabilidade dos SEE. Enquanto os custos de investimentos não tem grande dificuldade o seu cálculo, os custos associados às possíveis melhorias da fiabilidade não são tão simples de se obterem.

A análise à segurança de uma rede tem por base a situação presente e possíveis situações num futuro próximo, pelo que são realizadas simulações às condições reais de funcionamento para se obterem os limites da rede.

2.2 - Fiabilidade dos componentes de um SEE

O estudo da fiabilidade dos SEE é uma área de grande importância para que se obtenha uma melhor qualidade de serviço de modo a que o impacto das avarias nos consumidores seja a menor possível. Também é importante a otimização dos equipamentos utilizados nas redes para que o investimento seja o menor possível, mas garantindo uma qualidade e continuidade de serviço elevada.

Para se realizar um bom estudo da fiabilidade de um SEE é necessário conhecer os índices de todos os componentes que constituem a rede, que são obtidos através da recolha de dados

do funcionamento normal e real e não de testes de vida acelerada. Essa recolha de dados é obtida à medida que há uma avaria dos componentes essa informação é introduzida numa base de dados, que convém que seja permanentemente atualizada ao longo do tempo para assim se conseguirem os melhores índices para um tratamento estatístico posterior.

Os índices mais gerais de uma rede são:

- Taxa de avarias;
- Indisponibilidade anual do sistema;
- Duração média da interrupção;
- Energia anual não fornecida;
- Potência média por ano.

Para analisar a fiabilidade de uma rede, tem que se conhecer a fiabilidade de cada componente que faz parte da rede:

- taxa de avarias;
- tempo médio de reparação;
- tempo médio entre avarias.

Na análise da fiabilidade de um SEE é necessário fazer uma recolha de dados de incidentes que fornece as ferramentas e informação necessária para assistir os gestores do sistema no seu principal objetivo, suprir as necessidades dos consumidores elétricos ao menor custo possível.

Existem três grandes motivos que justificam a importância do estudo de registo de incidentes num SEE:

- Possibilita a identificação cronológica de alterações de desempenho, permitindo assim determinar áreas em que é necessário reforço ou modificações;
- Estabelece valores base que servem de guia para futuras avaliações de fiabilidade do sistema.
- Permite que previsões sejam comparadas com a experiência de exploração atual.

Com estes registos é possível o cálculo de vários indicadores que são úteis na avaliação de fiabilidade e qualidade de serviço. Esses indicadores são [12]:

- Indicadores individuais:
 - Duração total das interrupções por ponto de entrega;
 - Frequência de interrupções por ponto de entrega.

- Indicadores gerais:
 - Energia não fornecida;
 - Tempo de interrupção equivalente - indicador que representa o tempo de interrupção da potência média fornecida expectável (no caso de não ter havido interrupções) num determinado período de tempo estabelecido (trimestre ou ano civil);
 - Frequência média de interrupção do sistema - indicador que representa o número médio de interrupções verificadas nos pontos de entrega num determinado período de tempo estabelecido (trimestre ou ano civil);
 - Duração média das interrupções do sistema - indicador que representa a duração média das interrupções verificadas nos pontos de entrega num determinado período de tempo estabelecido (trimestre ou ano civil);
 - Tempo médio de reposição de serviço do sistema - indicador que representa o tempo médio de reposição de serviço num determinado período de tempo estabelecido (trimestre ou ano civil).

2.3 - Incidentes

Um incidente é definido como sendo "um acontecimento que origina a desconexão (não programada) de um ou mais elementos da rede - elementos do incidente, podendo originar uma interrupção de serviço" [4].

Durante a exploração de um SEE existem numerosos incidentes e é necessário que as consequências que advêm desses incidentes sejam minimizadas, que o número de componentes afetados seja o menor possível e que o restabelecimento da normalidade de funcionamento do SEE seja reposto o mais rápido, para assim garantir quer os critérios de segurança da rede quer o cumprimento dos requisitos de qualidade de serviço regulamentados.

Os incidentes podem ser divididos em três grupos distintos:

- Incidentes independentes - correspondem à saída de serviço de mais do que um componente da rede em simultâneo, sendo a causa do incidente diferente;
- Incidentes dependentes - há um defeito inicial num ou mais componentes que origina um incidente noutros componentes da rede;

- Incidentes com causa comum - um ou mais elementos da rede ficam fora de serviço como consequência do mesmo incidente.

Os componentes afetados da rede podem ser classificados da seguinte forma:

- "Origem" - o componente da rede sai de serviço como consequência direta do incidente;
- "Afetado" - o componente da rede sai de serviço devido aos efeitos da saída de serviço de componentes "origem".

2.3.1 -Incidentes independentes

A saída de serviço de um componente tem como único fator o seu próprio estado, não tendo influência de terceiros.

A saída de serviço de um componente pode ser forçada, o que acontece ao acaso, e deve-se a uma avaria do próprio componente. Na maioria dos casos o componente tem reparação, sendo que os casos em que não há reparação possível, o que é pouco provável de acontecer, não é necessário ser considerado para os cálculos. Há que ter em atenção no cálculo dos índices de fiabilidade o fator idade do componente, pois com o desgaste há uma maior probabilidade que ocorra uma avaria.

Por outro lado há situações em que a saída de serviço são programadas pelo pessoal técnico para se proceder à manutenção ou substituição de algum dos componentes, neste caso chama-se saídas de serviço planeadas. Entre as forçadas e as planeadas podemos ter um meio-termo, em que se verifica que algum componente poderá, num futuro próximo, provocar uma saída de serviço devido a uma avaria, a qual pode ser detetada fisicamente, então é planeado uma intervenção.

2.3.2 -Incidentes dependentes

Pode haver saída de serviço simultâneo de vários componentes devido a uma causa comum. Por exemplo, a saída de serviço de dois componentes pode ser devido a uma descarga elétrica ou uma saída de serviço de um grupo, pode levar a que haja a saída de serviço simultânea de uma série de componentes.

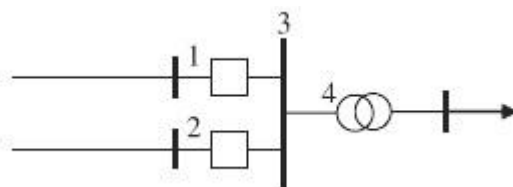


Figura 2.1 - Exemplo de uma saída em grupo (fonte [1])

Na rede esquematizada na figura 2.1, um curto-circuito num qualquer dos quatro componentes leva à sua saída de serviço, assim como à saída de serviço dos outros componentes da rede, contudo, só o componente em curto-circuito é que tem, efetivamente, uma avaria.

Quando acontece uma avaria num componente que leva à sua saída de serviço e como consequência leva à saída de serviço de um segundo componente, que por sua vez leva à saída de um terceiro componente e assim consecutivamente, dizemos que temos uma saída de serviço em cascata. Quando há um apagão de uma rede, na sua maioria das vezes é consequência de uma saída de serviço em cascata.

Podem também ocorrer saídas de serviço devido às condições ambientes em que os componentes de um SEE estão sujeitos, como condições ambientais adversas (ventos, chuvas, neve) ou mesmo catástrofes (tornados, fogos, inundações, terremotos).

A probabilidade de ocorrer uma saída simultâneo de vários componentes é muito maior que a probabilidade da saída de serviço desses mesmos componentes de uma forma independente.

2.4 - Fatores ambientais que afetam a probabilidade de risco de um SEE

No capítulo 3 da Dissertação de Nélcio Paulo Carvalho Machado [2] é abordado este tema e de onde se retiram alguns dados para melhor exemplificar.

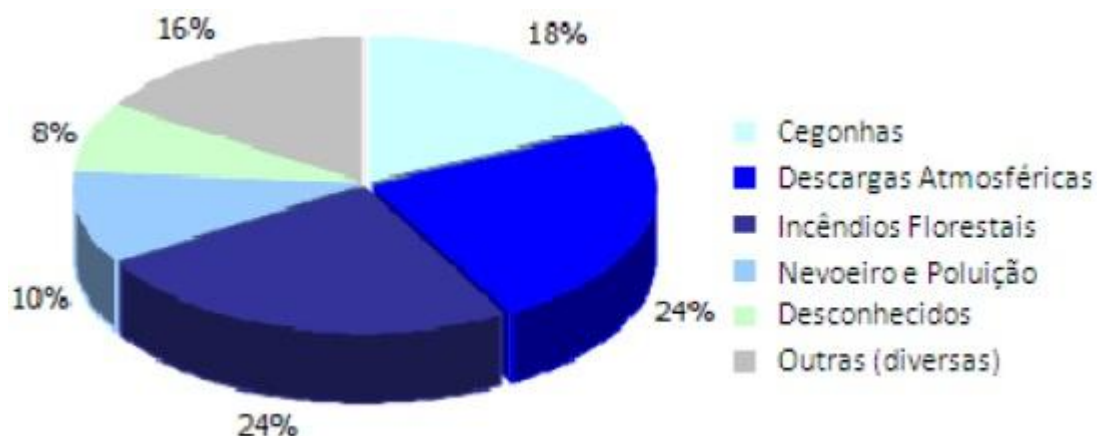


Figura 2.2 - Percentagem de disparos relativamente à sua causa no período de 2001 a 2009 (fonte: [2])

Através da figura 2.2 pode-se verificar que as descargas atmosféricas e os incêndios florestais são as causas ambientais que mais provocam disparos na RNT. No caso dos incêndios verifica-se que existe uma relação entre o número de incêndios na vizinhança de corredores de linhas aéreas e os disparos registados nessas mesmas linhas, na ordem dos 90%. No caso das descargas atmosféricas conclui-se que existe uma correlação, na ordem de 85%, entre o número de descargas do tipo "nuvem-solo" e o número de defeitos registados.

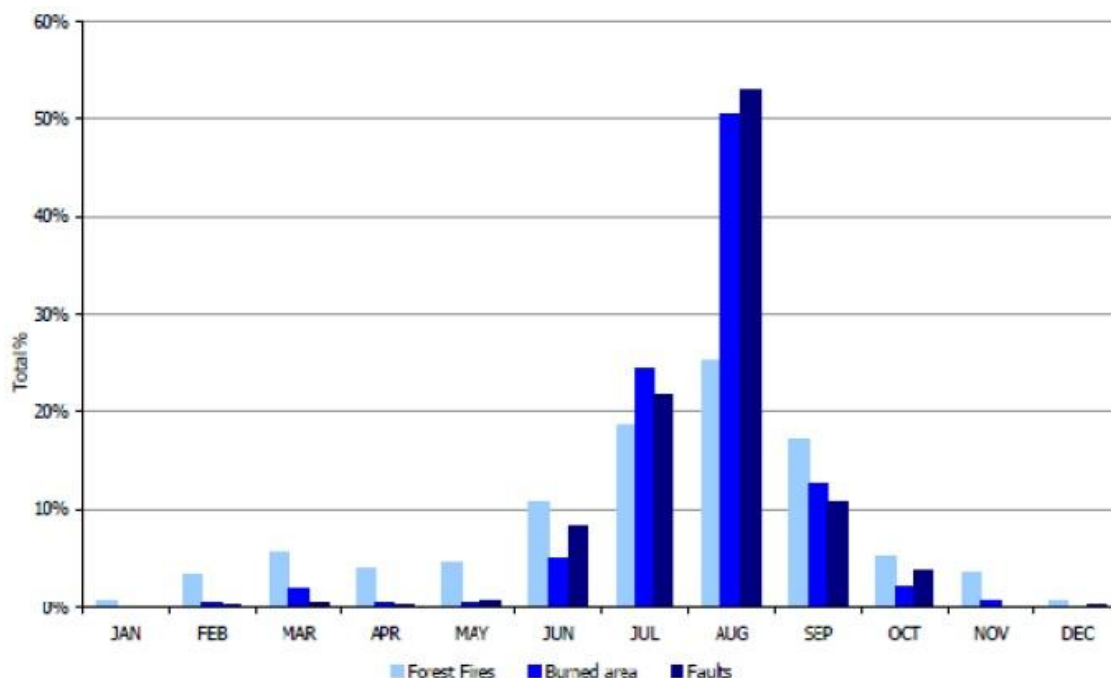


Figura 2.3 - Distribuição mensal de disparos devido a incêndios no período de 2001 a 2009 (fonte [2])

Na figura 2.3 verifica-se que o período onde há mais incêndios e consequentemente mais disparos nas linhas da RNT é no verão (meses de julho a setembro).

Não existe uma correlação direta entre as temperaturas máximas de cada dia com os incidentes registados nesses mesmos dias. Em relação ao vento não foi analisado por falta de dados históricos [2].

2.5 - Cálculo do Risco de um SEE

A tarefa básica de um SEE na atualidade é assegurar a continuidade e segurança ao menor custo possível de forma a obter o máximo benefício monetário. Contudo, há uma contradição entre a segurança e a economia. Tem que haver alguma margem de operação para assegurar a segurança e, assim, aumentarão os custos e os investimentos, a reparar ou a comprar novos equipamentos. Assim, o principal objetivo é fazer o equilíbrio entre a segurança e a economia.

A segurança de um SEE refere-se ao grau de risco da possibilidade de resistir a perturbações na rede sem que com isso os consumidores sejam afetados. Num SEE a probabilidade de avaria em diferentes equipamentos em diferentes situações é variável, os incidentes causados por diferentes avarias não têm o mesmo impacto na rede, assim como a variação da carga a alimentar é um aspeto a ter em conta nestes fatores. É portanto necessária uma análise exaustiva para ter em atenção estes tipos de comportamento da rede para se obter uma completa análise de segurança do SEE.

Em todos os aspetos da vida existe sempre um risco associado. Num SEE é necessário calcular o seu risco associado, que é calculado de acordo com a expressão 2.1 [3].

$$R_{isco}(X_{t,f}) = \sum_i P_r(E_i) (\sum_j P_r(X_{t,j}|X_{t,f}) \times S_{ev}(E_i, X_{t,j})) , \quad (2.1)$$

onde:

$X_{t,f}$ - é a condição de operação no tempo t

$X_{t,j}$ - é a possibilidade j de carga no tempo t

$P_r(X_{t,j}|X_{t,f})$ - é a probabilidade da condição de operação, obtida através da probabilidade do nível de carga

E_i - é a contingência número i

$P_r(E_i)$ - é a probabilidade de E_i

$S_{ev}(E_i, X_{t,f})$ - quantifica a severidade, ou a consequência, de ocorrer durante a condição de operação número j

Os principais problemas no cálculo do risco são a incerteza, que é difícil de quantificar, pelo que é necessária uma aproximação que envolve dois tipos de incertezas: a contingência, e a severidade associado. O cálculo do risco é a combinação destes dois fatores.

A incerteza de contingência ($P_r(E_i)$) tem como principal causa de avarias as saídas de serviço de linha, geradores e transformadores. Para os transformadores pode-se utilizar o histórico de dados pois estes raramente são afetados por contingências exteriores. Enquanto por exemplo para as linhas já o fatores externos contam, pois fatores como o vento, temperatura ambiente têm um impacto muito grande. A incerteza de operação ($P_r(X_{t,j}|X_{t,f})$) depende do estado de condição a que o sistema está a funcionar para diferentes fatores (carga, estrutura da rede, avarias). A maior dificuldade é prever a carga e o despacho para um determinado tempo t , então é utilizada a probabilidade da máxima carga para um dia "normal".

A severidade fornece uma avaliação do impacto, quer em consequência quer dos custos associados, que uma avaria resulta num SEE.

Os critérios para o cálculo da severidade foram definidos em [2], sendo os seguintes:

- Violações de corrente;
- Violações de tensão;
- Perda de carga;
- Perda de geração;
- Critério de avaliação de ilhas elétricas.

2.5.1 - Violações de corrente

Numa contingência k é necessário monitorizar os elementos que se encontrem em sobrecarga, ou seja, os ramos em que exceda os 100% da sua capacidade.

Pode-se definir severidade de corrente através da equação 2.2.

$$sev_{corrente_i} = \begin{cases} \frac{S_i - S_{max_i}}{S_{max_i}}, & S_i > S_{max_i} \\ 0, & S_i \leq S_{max_i} \end{cases}, \quad (2.2)$$

onde S_i é a potência aparente no ramo i e S_{max_i} é a potência aparente máxima do ramo i .

Como um evento pode causar mais que uma situação de violação de corrente, então é necessário agregar as várias situações num único índice apresentado na equação 2.3:

$$S_{corrente} = \sum_i^n (sev_{corrente_i} \times 100)^2, \quad (2.3)$$

onde n é o número de ramos com correntes acima do limite especificado na contingência k.

2.5.2 - Violação de tensão

Numa contingência k é necessário monitorizar os barramentos cujo valor de tensão esteja fora dos valores de segurança.

Pode-se definir severidade de tensão através da equação 2.4.

$$sev_{tensão_j} = \begin{cases} \frac{v_{min} - v_j}{v_{min}}, & v_j < v_{min} \\ 0, & v_{min} \leq v_j \leq v_{max} \\ \frac{v_j - v_{max}}{v_{max}}, & v_j > v_{max} \end{cases}, \quad (2.4)$$

onde v_j é a tensão no barramento j, v_{max} é a tensão máxima estipulada e v_{min} é a tensão mínima estipulada.

Como um evento pode causar mais que uma situação de violação de tensão, então é necessário agregar as várias situações num único índice através da equação 2.5.

$$S_{tensão} = \sum_j^n (sev_{tensão_j} \times 100)^2, \quad (2.5)$$

onde n é o número de barramentos com tensões fora da gama de segurança estabelecida na contingência k.

2.5.3 - Perda de carga

A perda de carga corresponde a uma contingência em que o consumidor final deixa de ser alimentado, o que significa, energia não fornecida, o que tem um impacto social e económico grande. A perda de carga é expressa em MW.

Para cada contingência k é contabilizada a perda e a carga por barramento PC_j e depois é necessário agregar todas as situações de perdas de carga num único índice de severidade associado à contingência k. Posteriormente é determinada a perda de carga em percentagem total da carga de acordo com a expressão 2.6.

$$S_{PC} = \frac{\sum_j^n PC_j}{Carga_Total} \times 100 , \quad (2.6)$$

onde n é o número de barramentos onde se regista perda de carga na contingência k.

2.5.4 -Perda de geração

A perda de geração corresponde a uma contingência em que a consequência é o desligamento do sistema da parte da geração, há um desvio na interligação sendo o equilíbrio automático através da reserva secundária e, se não for suficiente, realizar-se-á manualmente a alocação da reserva terciária. A perda de geração é expressa em MW.

Para cada contingência k é contabilizada a perda e geração por barramento PG_j e depois é necessário agregar todas as situações de perdas de geração num único índice de severidade associado à contingência k, sendo determinada a perda de geração em percentagem total da geração de acordo com a expressão 2.7.

$$S_{PG} = \frac{\sum_j^n PG_j}{Geração_Total} \times 100 , \quad (2.7)$$

onde n é o número de barramentos onde se regista perda de geração na contingência k.

2.5.5 -Criação de ilhas elétricas

Na sequência de uma contingência existe a possibilidade de que ocorra uma criação de ilhas elétricas, que tem consequência graves para o sistema, pois existe a perda de consumo e/ou perda de geração da rede. Podem existir dois tipos de ilhas elétricas, se existir uma separação de redes em que a geração e a carga têm valores muito diferentes, a ilha colapsa, perdendo-se toda a carga e geração associada. Se existir um equilíbrio entre geração e carga na rede isolada, existe a possibilidade de esta ilha se manter estável, sendo necessário restabelecer a ligação à rede principal.

Para avaliação da severidade de uma separação de redes considera-se o balanço entre a geração e a carga da rede separada de acordo com a equação 2.8.

$$Critério\ de\ Equilíbrio = \begin{cases} Ilha\ estável\ se\ Geração \in [Carga; 1,1 \times Carga] \\ Ilha\ instável\ se\ Geração < Carga \end{cases} , \quad (2.8)$$

Considera-se aceitável que a geração possa ter um valor igual ou, superior até 10% do seu valor à carga para que a rede se mantenha estável.

2.5.6 -Cálculo da Severidade Global

Para o cálculo da severidade global de cada contingência k é necessário agregar todos os índices de severidade individuais (violações de corrente, violações de tensões, perda de carga e perda de geração), através da equação 2.9.

$$Severidade_k = \sum_{tipo} (\omega_{tipo} \times S_{tipo}^k) , \quad (2.9)$$

onde ω_{tipo} é o fator para valorizar a importância de cada tipo de severidade de acordo com a tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Fatores de peso para determinar a severidade global (fonte [2])

Tipo de severidade	Fator ω_{tipo}
Violação de corrente	$2,1E^{-4}$
Violação de tensão	$3,03E^{-3}$
Perda de carga	54
Perda de Geração	4,5

2.5.7 -Determinação da Probabilidade

A probabilidade de que ocorra uma avaria pode ser obtida através do uso da distribuição de Poisson. Através da fórmula da distribuição de Poisson, a probabilidade de que não ocorra uma avaria num período de tempo t é determinada pela equação 2.10 [6].

$$P_{no} = \frac{e^{-\lambda_0 t} (\lambda_0 t)^0}{0!} = e^{-\lambda_0 t} , \quad (2.10)$$

onde P_{no} é a probabilidade de que não ocorra uma avaria, λ_0 é a taxa média de avarias e t é o tempo de duração considerado.

Então a probabilidade de que ocorra uma avaria é calculada pela equação 2.11.

$$P_0 = 1 - e^{-\lambda_0 t} , \quad (2.11)$$

Como a duração de uma avaria é sempre muito rápida, então a taxa média de avarias é, geralmente, substituída pela frequência de avarias ocorridas, que pode ser obtido através de registo de avarias passadas.

Com base da análise da probabilidade apresenta-se o diagrama na figura 2.4.

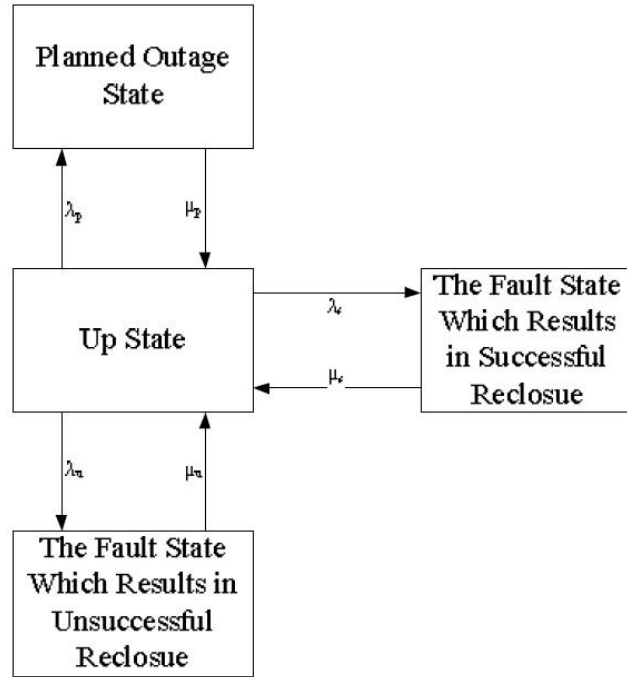


Figura 2.4 - Diagrama de ocorrência de uma avaria (fonte [6])

Aplicando o método de Markov ao diagrama podemos obter as seguintes equações [6].

$$P_{up} = \frac{\mu_p \mu_u \mu_s}{\mu_p \mu_u \mu_s + \lambda_p \mu_u \mu_s + \lambda_u \mu_p \mu_s + \lambda_s \mu_p \mu_u}, \quad (2.12)$$

$$P_{po} = \frac{\lambda_p \mu_u \mu_s}{\mu_p \mu_u \mu_s + \lambda_p \mu_u \mu_s + \lambda_u \mu_p \mu_s + \lambda_s \mu_p \mu_u}, \quad (2.13)$$

$$P_{ur} = \frac{\lambda_u \mu_p \mu_s}{\mu_p \mu_u \mu_s + \lambda_p \mu_u \mu_s + \lambda_u \mu_p \mu_s + \lambda_s \mu_p \mu_u}, \quad (2.14)$$

$$P_{sr} = \frac{\lambda_s \mu_p \mu_u}{\mu_p \mu_u \mu_s + \lambda_p \mu_u \mu_s + \lambda_u \mu_p \mu_s + \lambda_s \mu_p \mu_u}, \quad (2.15)$$

onde P_{up} , P_{po} , P_{ur} , P_{sr} são, respetivamente, a probabilidade de estado normal de funcionamento, saída de serviço planeada, reengate sem sucesso e reengate com sucesso. λ_p , λ_u , λ_s são, respetivamente, a taxa de transição de saída de serviço planeada, reengate sem sucesso e reengate com sucesso. μ_p , μ_u , μ_s são, respetivamente, a taxa de recuperação de saída de serviço planeada, reengate sem sucesso e reengate com sucesso.

Verifica-se que o tempo de recuperação de um reengate com sucesso de uma avaria é extremamente pequena, cerca de um segundo, logo μ_s é muito grande, pelo que as equações 2.12 a 2.15 podem ser reescritas, de uma forma mais simplificadas, como se apresenta nas equações 2.16 a 2.19.

$$P_{up} = \frac{\mu_p \mu_u}{\mu_p \mu_u + \lambda_p \mu_u + \lambda_u \mu_p}, \quad (2.16)$$

$$P_{po} = \frac{\lambda_p \mu_u}{\mu_p \mu_u + \lambda_p \mu_u + \lambda_u \mu_p}, \quad (2.17)$$

$$P_{ur} = \frac{\lambda_p \mu_u}{\mu_p \mu_u + \lambda_p \mu_u + \lambda_u \mu_p}, \quad (2.18)$$

$$P_{sr} \approx 0, \quad (2.19)$$

As equações 2.20 a 2.23 apresentam as equações da frequência correspondente a cada estado.

$$f_{up} = P_{up}(\lambda_p + \lambda_u + \lambda_s) = \frac{\mu_p \mu_u (\lambda_p + \lambda_u + \lambda_s)}{\mu_p \mu_u + \lambda_p \mu_u + \lambda_u \mu_p}, \quad (2.20)$$

$$f_{po} = P_{up} \lambda_p = \frac{\lambda_p \mu_p \mu_u}{\mu_p \mu_u + \lambda_p \mu_u + \lambda_u \mu_p}, \quad (2.21)$$

$$f_{ur} = P_{up} \lambda_u = \frac{\lambda_u \mu_p \mu_u}{\mu_p \mu_u + \lambda_p \mu_u + \lambda_u \mu_p}, \quad (2.22)$$

$$f_{sr} = P_{up} \lambda_s = \frac{\lambda_s \mu_p \mu_u}{\mu_p \mu_u + \lambda_p \mu_u + \lambda_u \mu_p}, \quad (2.23)$$

onde f_{up} , f_{po} , f_{ur} , f_{sr} são, respetivamente, as frequências correspondente aos estados (avarias/ano), normal, saída de serviço planeada, reengate sem sucesso e reengate com sucesso.

A taxa média de avaria total é dada pela equação 2.24.

$$\lambda_0 = \lambda_u + \lambda_s , \quad (2.24)$$

A probabilidade de avarias em que o reengate é sem sucesso é $P_1 = \lambda_u / \lambda_u + \lambda_s$ e a probabilidade de avarias em que o reengate é com sucesso é $P_2 = \lambda_s / \lambda_u + \lambda_s$.

2.5.8 -Determinação do Risco

Através de [2], define-se o risco de uma determinada contingência k através da ponderação da probabilidade com a severidade da contingência k, apresentado pela expressão 2.25.

$$Risco_k = probabilidade_k \times severidade_k, \quad (2.25)$$

A probabilidade de cada fator é calculada como se apresenta na equação 2.26, sendo obtida através da multiplicação da média anual da taxa de avaria por quilómetro pelo comprimento exposta a esse risco considerando fatores de peso baseados na localização que vai afetar o comprimento em risco para as condições correntes [2].

$$prob_{causa,L_k} = [\lambda_{causa_i}(m,p,u) \times CR_{causa,L_k}] \times t , \quad (2.26)$$

onde m é o mês, p o período do dia, u o nível de tensão da linha L e t é o tempo de duração da análise, que no caso da operação é tipicamente 1 hora.

$\lambda_{causa_i}(m,p,u)$ é a taxa de avarias média anual por quilometro;

CR é o comprimento do troço da linha L exposto ao risco da causa i.

Uma forma de identificar o risco total do sistema é somar todos os índices de risco no período em análise, de acordo com a expressão 2.27 [2].

$$Risco_{Total} = \sum_k^n Risco_k , \quad (2.27)$$

onde n é o número total de contingências considerado.

2.6 - Conclusão

Neste capítulo fez-se uma descrição teórica sobre o problema do risco de um SEE, que pode ser de diferentes origens (avarias de componentes, saídas de serviço programadas para manutenção). Um incidente, pode manifestar-se de uma forma dependente ou independente, ou seja, a saída de serviço de um componente da rede pode dever-se a um problema desse

componente ou ser levado a sair de serviço devido a um terceiro. A saída de componentes pode levar apenas à sua saída ou ter como consequência a saída de serviço de outros componentes. Nos casos mais graves pode levar à saída de serviço de componentes em cascata e, assim, levar a um apagão do SEE.

Também foram abordados neste capítulo os índices gerais de fiabilidade de um SEE e foi feita uma breve abordagem de alguns fatores de origem ambiental que levam à saída de serviço de componentes da rede. Através do estudo de outras dissertações conclui-se que os fatores mais relevantes são as descargas atmosféricas e incêndios.

Por fim foi analisada a forma de proceder para o cálculo do risco de um SEE, determinação da probabilidade de um componente de um SEE sair do sistema e a determinação dos vários índices de severidade que serão utilizados (violação de corrente, violação de tensão, perda de carga, perda de geração e criação de ilhas elétricas). Foram analisadas as suas expressões, o seu fator de peso para o cálculo da severidade total e o critério de estabilidade no caso de ocorrer uma ilha elétrica.

Capítulo 3

Apresentação e Análise de Resultados

3.1- Introdução

Para as simulações e para análise do trânsito de potência, como já foi referido, utilizou-se o programa *Power World Simulator (Version 8)*.

A rede teste utilizada [7] para a realização do estudo encontra-se em Anexo (Anexo A - Descrição da rede teste). No Anexo são apresentados todos os componentes utilizados, assim como as características de cada um.

Na figura 3.1 encontra-se um esquema da rede teste utilizada.

A geração total da rede teste é de 8712,78 MW para alimentar uma carga total de 8550 MW.

Na resolução do trânsito de potência na rede teste foi utilizado como barramento de compensação e referência o barramento 113, pois é um dos barramentos com maior capacidade de geração.

Após resolver o trânsito de potência da rede teste obtiveram-se as tensões para cada barramento como mostra na tabela 3.1.

Para o cálculo do risco é necessário saber a probabilidade de ocorrência de avaria, como este dado não nos foi fornecido diretamente, temos que a calcular através da equação 2.10. Na tabela 3.2 encontra-se a probabilidade de ocorrência de uma avaria de todas as linhas e transformadores da rede teste.

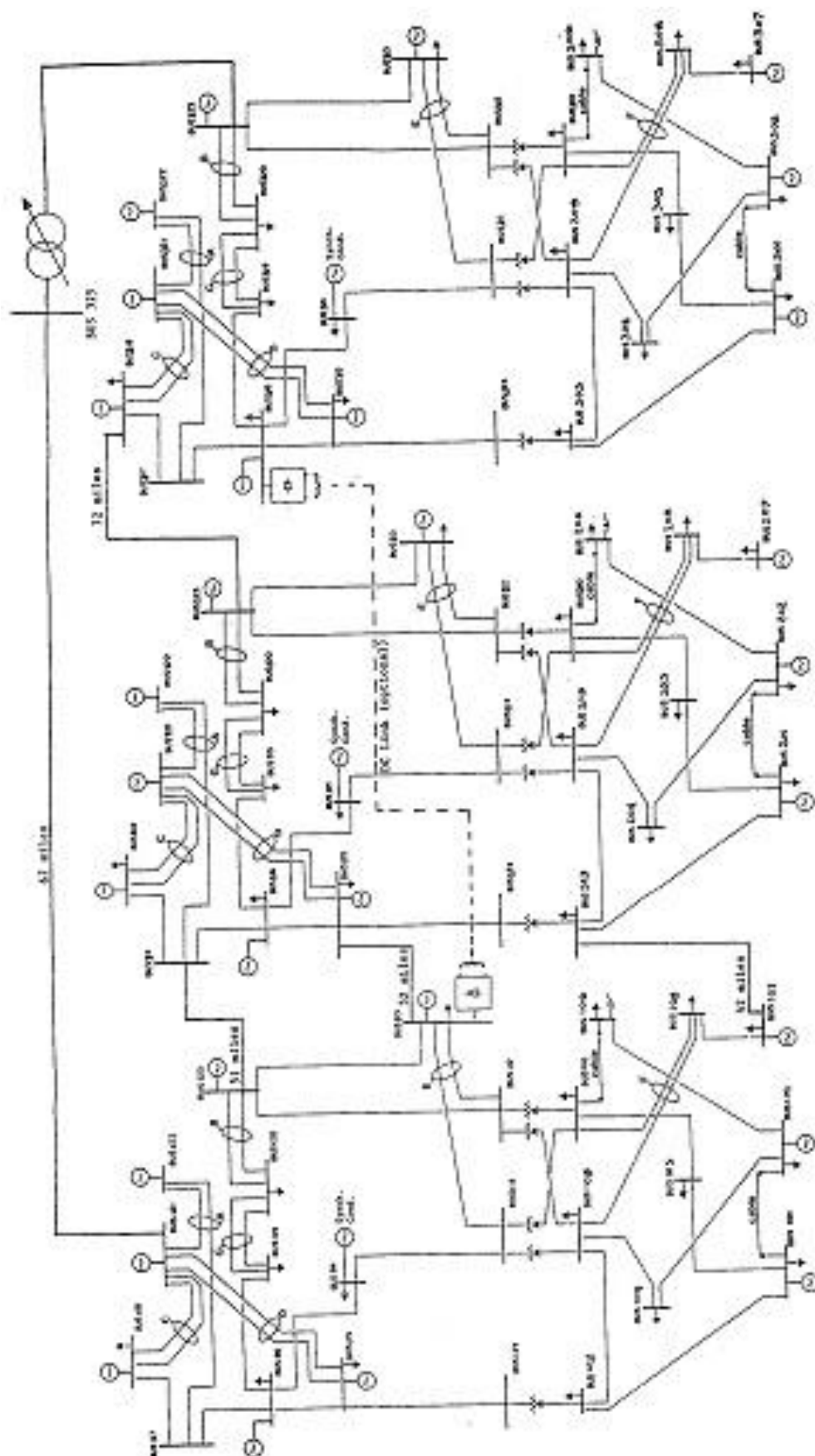


Figura 3.1 - Esquema da rede teste utilizada (fonte [7])

Tabela 3.1 - Valor de tensão de cada barramento após resolver trânsito de potência

Barramento	PU Volt	Tensão (kV)	Barramento	PU Volt	Tensão (kV)	Barramento	PU Volt	Tensão (kV)
101	1,00345	138,476	210	0,97915	135,123	319	1,02347	135,399
102	1,00349	138,482	211	0,98106	225,643	320	1,03602	238,285
103	0,96024	132,513	212	0,98068	225,557	321	1,95381	242,377
104	0,96189	132,74	213	1,00562	231,292	323	1,04659	240,716
105	0,98037	135,291	214	0,98	225,4	324	0,97926	225,23
106	0,99339	137,087	215	1,01969	234,528	325	1,04781	240,996
107	0,97193	134,126	216	1,021	234,829			
108	0,94292	130,123	217	1,04426	240,181			
109	0,96336	132,943	218	1,05548	242,761			
110	0,98491	135,917	219	1,02188	235,032			
111	0,9926	228,298	220	1,03271	237,524			
112	0,98398	226,315	221	1,05514	242,683			
113	1,02	234,6	222	1,05598	242,875			
114	0,98	225,4	223	1,04288	239,862			
115	1,01714	233,942	224	0,98755	227,136			
116	1,02127	234,893	301	0,98088	135,362			
117	1,04241	239,754	302	0,98119	135,404			
118	1,05394	242,407	303	0,94123	129,89			
119	1,03161	237,27	304	0,95033	131,146			
120	1,03706	238,523	305	0,96946	133,785			
121	1,05389	242,395	306	0,97969	135,198			
122	1,05443	242,519	307	0,9727	134,233			
123	1,04327	239,952	308	0,94105	129,8649			
124	0,97167	223,484	309	0,95355	131,591			
201	0,99868	137,818	310	0,97489	134,535			
202	0,99863	137,81	311	0,97979	225,351			
203	0,9564	131,983	312	0,98105	225,642			
204	0,95768	132,16	313	1,00686	231,577			
205	0,97511	134,565	314	0,98	225,4			
206	0,9878	136,316	315	1,01844	234,241			
207	0,9777	134,922	316	1,02036	234,684			
208	0,94417	130,296	317	1,04233	239,735			
209	0,95897	132,338	318	1,05339	242,28			

Tabela 3.2 - Probabilidade de ocorrência de avaria de cada linha ou transformador

Linha ou transformador (ID)	Barramento		Probabilidade de avaria	Linha ou transformador (ID)	Barramento		Probabilidade de avaria
	De	Para			De	Para	
A1	101	102	2,1494E-02	A31-1	118	121	2,1280E-02
A2	101	103	6,0967E-03	A31-2	118	121	2,1280E-02
A3	101	105	3,6883E-02	A32-1	119	120	1,5299E-02
A4	102	104	2,0242E-02	A32-2	119	120	1,5299E-02
A5	102	106	8,2297E-03	A33-1	120	123	2,3754E-02
A6	103	109	2,2371E-02	A33-2	120	123	2,3754E-02
A7	103	124	2,1342E-07	A34	121	122	7,0834E-03
A8	104	109	2,7324E-02	AB3	123	217	6,3456E-03
A9	105	110	3,3373E-02	B1	201	202	2,1494E-02
A10	106	110	9,6360E-06	B2	201	203	6,0967E-03
A11	107	108	4,9787E-02	B3	201	205	3,6883E-02
AB1	107	203	1,2277E-02	B4	202	204	2,0242E-02
A12-1	108	109	1,2277E-02	B5	202	206	8,2297E-03
A13-2	108	110	1,2277E-02	B6	203	209	2,2371E-02
A14	109	111	2,1342E-07	B7	203	224	2,1342E-07
A15	109	112	2,1342E-07	B8	204	209	2,7324E-02
A16	110	111	2,1342E-07	B9	205	210	3,3373E-02
A17	110	112	2,1342E-07	B10	206	210	9,6360E-06
A18	111	113	1,2277E-02	B11	207	208	4,9787E-02
A19	111	114	1,3705E-02	B12-1	208	209	1,2277E-02
A20	112	113	1,2277E-02	B13-2	208	210	1,2277E-02
A21	112	123	3,2797E-03	B14	209	211	2,1342E-07
A22	113	123	4,5620E-03	B15	209	212	2,1342E-07
AB2	113	215	5,6846E-03	B16	210	211	2,1342E-07
A23	114	116	1,5299E-02	B17	210	212	2,1342E-07
A24	115	116	2,6516E-02	B18	211	213	1,2277E-02
A25-1	115	121	1,0998E-02	B19	211	214	1,3705E-02
A25-2	115	121	1,0998E-02	B20	212	213	1,2277E-02
A26	115	124	1,0998E-02	B21	212	223	3,2797E-03
A27	116	117	2,1280E-02	B22	213	223	4,5620E-03
A28	116	119	2,3754E-02	B23	214	216	1,5299E-02
A29	117	118	2,9599E-02	B24	215	216	2,6516E-02
A30	117	122	2,6320E-03	B25-1	215	221	1,0998E-02

Linha ou transformador (ID)	Barramento			Linha ou transformador (ID)	Barramento		Probabilidade de avaria
					De	Para	
B25-2	215	221	1,0998E-02	C22	313	323	4,5620E-03
B26	215	224	1,0998E-02	C23	314	316	1,5299E-02
B27	216	217	2,1280E-02	C24	315	316	2,6516E-02
B28	216	219	2,3754E-02	C25-1	315	321	1,0998E-02
B29	217	218	2,9599E-02	C25-2	315	321	1,0998E-02
B30	217	222	2,6320E-03	C26	315	324	1,0998E-02
B31-1	218	221	2,1280E-02	C27	316	317	2,1280E-02
B31-2	218	221	2,1280E-02	C28	316	319	2,3754E-02
B32-1	219	220	1,5299E-02	C29	317	318	2,9599E-02
B32-2	219	220	1,5299E-02	C30	317	322	2,6320E-03
B33-1	220	223	2,3754E-02	C31-1	318	321	2,1280E-02
B33-2	220	223	2,3754E-02	C31-2	318	321	2,1280E-02
B34	221	222	7,0834E-03	C32-1	319	320	1,5299E-02
C1	301	302	2,1494E-02	C32-2	319	320	1,5299E-02
C2	301	303	6,0967E-03	C33-1	320	323	2,3754E-02
C3	301	305	3,6883E-02	C33-2	320	323	2,3754E-02
C4	302	304	2,0242E-02	C34	321	322	7,0834E-03
C5	302	306	8,2297E-03	CA-1	325	121	3,2797E-03
C6	303	309	2,2371E-02	CB-1	318	223	2,9381E-03
C7	303	324	2,1342E-07	C35	323	325	2,1342E-07
C8	304	309	2,7324E-02				
C9	305	310	3,3373E-02				
C10	306	310	9,6360E-06				
C11	307	308	4,9787E-02				
C12	308	309	1,2277E-02				
C13	308	310	1,2277E-02				
C14	309	311	2,1342E-07				
C15	309	312	2,1342E-07				
C16	310	311	2,1342E-07				
C17	310	312	2,1342E-07				
C18	311	313	1,2277E-02				
C19	311	314	1,3705E-02				
C20	312	313	1,2277E-02				
C21	312	323	3,2797E-03				

3.2- Simulação de saída de serviço de uma linha ou transformador

A primeira fase da análise da rede teste consistiu na simulação de saída de serviço de cada uma das linhas ou transformadores, verificar as consequências associadas para a rede, ou seja, verificar se há violação de corrente nas outras linhas que continuam em serviço, violação de tensão nos barramentos, se há perda de carga ou perda de geração. Após verificar as consequências calculou-se a severidade e o risco associado.

Para a análise da violação de corrente de uma linha definiu-se que há violação de corrente se uma linha ultrapasse o seu limite estipulado. Para a violação de tensão definiu-se como limite mínimo 0,94 pu e limite máximo 1,06 pu.

Para o cálculo da severidade foram utilizadas as expressões 2.2 e 2.3, para o caso de violação de corrente, as expressões 2.4 e 2.5, para o caso de violação de tensão e as expressões 2.6 e 2.7, para o caso de perda de carga e perda de geração, respetivamente. Para o cálculo da severidade total foi utilizado a expressão 2.9 e os fatores de peso mencionados na tabela 2.1. Por fim, para o cálculo do risco foi utilizado a expressão 2.25.

As linhas ou transformadores que após a simulação de saída de serviço não provocaram nenhuma severidade para a rede teste, os resultados não serão apresentados, pois o risco associado é nulo.

3.2.1 -Linha A1

Tabela 3.3 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A1

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,92828	0,01247	1,55453	1,55453	3,2645E-4

Na simulação de saída de serviço da linha A1 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 108, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.4 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A1

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
A1	2,1494E-2	3,2645E-4	7,0167E-6

3.2.2 -Linha A4

Tabela 3.5 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A4

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
104	0,91146	0,03036	9,21833	9,21833	1,9358E-03

Na simulação de saída de serviço da linha A4 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 104, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.6 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A4

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
A4	2,0242E-02	1,9358E-03	3,8184E-5

3.2.3 -Transformador A7

Tabela 3.7 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador A7

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
103	0,82805	0,11910	141,83796		
104	0,89759	0,04512	20,35546		
105	0,92062	0,02062	4,25062		
108	0,89709	0,04565	20,83825		
109	0,90774	0,03432	11,77804		
118	1,16884	0,10268	105,43027		
121	1,07068	0,01008	1,01515		
122	1,07003	0,00946	0,89534	306,40110	6,4344E-02

Na simulação de saída de serviço do transformador A7 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.8 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador A7

Transformador	Probabilidade	Severidade	Risco
A7	2,1342E-07	6,4344E-02	1,3732E-8

3.2.4 -Linha A11

Tabela 3.9 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A11

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
102	0,92828	0,01247	1,55453		
103	0,92428	0,01672	2,79672		
107	1,16441	0,09850	97,02250		
108	0,85002	0,09572	91,62970		
109	0,92821	0,01254	1,57316		
218	1,06021	0,00020	0,00039		
221	1,06263	0,00248	0,06156		
222	1,06285	0,00269	0,07229	194,71085	4,0889E-02

Na simulação de saída de serviço da linha A11 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.10 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A11

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
A11	4,9787E-02	4,0889E-02	2,0357E-3

3.2.5 -Linha A12-1

Tabela 3.11 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A12-1

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,91854	0,02283	5,21199	5,21199	1,0945E-03

Na simulação de saída de serviço da linha A12-1 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 108, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.12 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A12-1

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
A12-1	1,2277E-02	1,0945E-03	1,3437E-5

3.2.6 -Linha A13-2

Tabela 3.13 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A13-2

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,90377	0,03854	14,85528	14,85528	3,1196E-03

Na simulação de saída de serviço da linha A13-2 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 108, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.14 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A13-2

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
A13-2	1,2277E-02	3,1196E-03	3,8299E-5

3.2.7 -Transformador A15

Tabela 3.15 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador A15

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
102	0,92751	0,01329	1,76551		
103	0,92335	0,01771	3,13742		
108	0,91785	0,02356	5,55254		
109	0,91631	0,02520	6,35147	16,80694	3,5295E-03

Na simulação de saída de serviço do transformador A15 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.16 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador A15

Transformador	Probabilidade	Severidade	Risco
A15	2,1342E-07	4,0889E-02	8,7265E-9

3.2.8 -Transformador A16

Tabela 3.17 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador A16

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,92024	0,02102	4,41894	4,41894	9,2798E-04

Na simulação de saída de serviço do transformador A16 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 108, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.18 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador A16

Transformador	Probabilidade	Severidade	Risco
A16	2,1342E-07	9,2798E-04	1,9805E-10

3.2.9 -Transformador A17

Tabela 3.19 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador A17

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,91414	0,02751	7,56835	7,56835	1,5894E-03

Na simulação de saída de serviço do transformador A17 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 108, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.20 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador A17

Transformador	Probabilidade	Severidade	Risco
A17	2,1342E-07	1,5894E-03	3,3921E-10

3.2.10 - Linha A18

Tabela 3.21 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A18

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,92746	0,01334	1,77967	1,77967	3,7373E-04

Na simulação de saída de serviço da linha A18 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 108, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.22 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A18

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
A18	1,2277E-02	3,7373E-04	4,5882E-6

3.2.11 - Linha A20

Tabela 3.23 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A20

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
103	0,92943	0,01124	1,26443		
104	0,9254	0,01553	2,41240		
108	0,91137	0,03046	9,27656		
109	0,92922	0,01147	1,31517	14,26856	2,9964E-03

Na simulação de saída de serviço da linha A20 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.24 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A20

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
A20	1,2277E-02	2,9964E-03	3,6787E-5

3.2.12 - Linha A21

Tabela 3.25 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A21

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,92821	0,01254	1,57316	1,57316	3,3036E-04

Na simulação de saída de serviço da linha A21 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 108, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.26 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A21

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
A21	3,2797E-03	3,3036E-04	1,0842E-6

3.2.13 - Linha AB2

Tabela 3.27 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha AB2

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,9287	0,01202	1,44511	1,44511	3,0347E-04

Na simulação de saída de serviço da linha AB2 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 108, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.28 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha AB2

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
AB2	5,6846E-03	3,0347E-04	1,7251E-6

3.2.14 - Linha A23

Tabela 3.29 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A23

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
103	0,92855	0,01218	1,48373		
108	0,91747	0,02397	5,74469		
208	0,92885	0,01186	1,40700	8,63542	1,8134E-03

Na simulação de saída de serviço da linha A23 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.30 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A23

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
A23	1,5299E-02	1,8134E-03	2,7737E-5

3.2.15 - Linha A26

Tabela 3.31 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A26

Barramento	PU Volt	Severidade		Total	Total x peso
101	0,92999	0,01065	1,13400		
103	0,82733	0,11986	143,66828		
104	0,89697	0,04578	20,95497		
105	0,92	0,02128	4,52694		
108	0,89645	0,04633	21,46449		
109	0,90717	0,03493	12,19793		
118	1,06471	0,00444	0,19744		
121	1,06641	0,00605	0,36568		
122	1,06577	0,00544	0,29631		
208	0,92938	0,01130	1,27642	206,08244	4,3277E-02

Na simulação de saída de serviço da linha A26 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.32 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A26

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
A26	1,0998E-02	4,3277E-02	4,7596E-4

3.2.16 - Linha A28

Tabela 3.33 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A28

Barramento	PU Volt	Severidade		Total	Total x peso
123	1,06283	0,00267	0,07128		
218	1,06161	0,00152	0,02307		
221	1,06071	0,00067	0,00449		
222	1,06215	0,00203	0,04114		
309	0,92715	0,01367	1,86875	2,00872	4,2183E-04

Na simulação de saída de serviço da linha A28 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.34 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A28

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
A28	2,3754E-02	4,2183E-04	1,0020E-5

3.2.17 - Linha A29

Tabela 3.35 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha A29

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
118	1,0704	0,00981	0,96262		
121	1,06029	0,00027	0,00075	0,96337	2,0231E-04

Na simulação de saída de serviço da linha A29 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.36 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha A29

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
A29	2,9599E-02	2,0231E-04	5,9881E-6

3.2.18 - Linha B1

Tabela 3.37 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B1

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
204	0,91415	0,02750	7,56250		
208	0,91219	0,02959	8,75279	16,31529	3,4262E-03

Na simulação de saída de serviço da linha B1 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.38 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B1

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B1	2,1494E-02	3,4262E-03	7,3642E-6

3.2.19 - Linha B3

Tabela 3.39 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B3

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
205	0,92994	0,01070	1,14536	1,14536	2,4052E-04

Na simulação de saída de serviço da linha B3 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 205, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.40 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B3

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B3	3,6883E-02	2,4052E-04	8,8711E-6

3.2.20 - Linha B4

Tabela 3.41 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B4

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
204	0,91219	0,02959	8,75279	8,75279	1,8381E-03

Na simulação de saída de serviço da linha B4 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 204, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.42 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B4

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B4	2,0242E-02	1,8381E-03	3,7207E-5

3.2.21 - Transformador B7

Tabela 3.43 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador B7

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
107	0,90856	0,03345	11,18689		
108	0,89364	0,04932	24,32378		
201	0,91178	0,03002	9,01277		
202	0,9125	0,02926	8,55874		
203	0,84435	0,10176	103,54145		
204	0,87569	0,06841	46,80598		
205	0,89397	0,04897	23,97873		
206	0,90827	0,03376	11,39422		
207	0,90196	0,04047	16,37666		
208	0,86618	0,07853	61,67262		
209	0,88475	0,05878	34,54688		
210	0,90687	0,03524	12,42188		
212	0,91592	0,02562	6,56232		
308	0,92972	0,01094	1,19600	371,57891	7,8032E-02

Na simulação de saída de serviço do transformador B7 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.44 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador B7

Transformador	Probabilidade	Severidade	Risco
B7	2,1342E-07	7,8032E-02	1,6654E-8

3.2.22 - Linha B11

Tabela 3.45 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B11

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,91853	0,02284	5,21685		
201	0,90441	0,03786	14,33508		
202	0,90337	0,03897	15,18512		
203	0,89205	0,05101	26,02085		
204	0,87351	0,07073	50,03305		
205	0,87652	0,06753	45,60560		
206	0,88258	0,06109	37,31390		
208	0,77627	0,17418	303,38969		
209	0,87048	0,07396	54,69704		
210	0,88039	0,06341	40,21449		
211	0,9258	0,01511	2,28203		
212	0,901	0,04149	17,21367		
303	0,92626	0,01462	2,13657		
308	0,92655	0,01431	2,04733	615,69127	1,2930E-01

Na simulação de saída de serviço da linha B11 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, assim como perda de geração e de carga, pois é a única linha que faz a ligação ao barramento 207 para o resto da rede. Nas tabelas 3.46 e 3.47 encontram-se a severidade para a perda de geração e perda de carga, respetivamente.

Tabela 3.46 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída da linha B11

Barramento	Perda de Geração (MW)	Severidade		
			Total	Total x peso
207	240	2,66729	2,66729	12,0028

Tabela 3.47 - Lista de barramentos em que ocorre perda de carga após simulação de saída da linha B11

Barramento	Perda de Carga (MW)	Severidade		
			Total	Total x peso
207	125	1,46199	1,46199	78,9474

Tabela 3.48 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço da linha B11

Violação de tensão	Perda de Geração	Perda de Carga	Total
1,2930E-01	12,0028	78,9474	91,0795

Tabela 3.49 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B11

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B11	4,9787E-02	91,0795	4,5346

3.2.23 - Linha B12-1

Tabela 3.50 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B12-1

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
208	0,90623	0,03593	12,90644	12,90644	2,7104E-03

Na simulação de saída de serviço da linha B12-1 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 208, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.51 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B12-1

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B12-1	1,2277E-02	2,7104E-03	3,3276E-5

3.2.24 - Linha B13-2

Tabela 3.52 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B13-2

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
207	0,9199	0,02138	4,57232		
208	0,88468	0,05885	34,63448	39,20679	8,2334E-03

Na simulação de saída de serviço da linha B13-2 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.53 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B13-2

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B13-2	1,2277E-02	8,2334E-03	1,011E-4

3.2.25 - Transformador B14

Tabela 3.54 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador B14

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
208	0,9287	0,01202	1,44511	1,44511	3,0347E-04

Na simulação de saída de serviço do transformador B14 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 208, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.55 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador B14

Transformador	Probabilidade	Severidade	Risco
B14	2,1342E-07	3,0347E-04	6,4767E-11

3.2.26 - Transformador B15

Tabela 3.56 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador B15

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
204	0,9287	0,01202	1,44511		
208	0,91594	0,02560	6,55142		
209	0,91383	0,02784	7,75089	15,74743	3,3070E-03

Na simulação de saída de serviço do transformador B15 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.57 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador B15

Transformador	Probabilidade	Severidade	Risco
B15	2,1342E-07	3,3070E-03	7,0578E-10

3.2.27 - Transformador B16

Tabela 3.58 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador B16

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,92356	0,01749	3,05878		
201	0,90711	0,03499	12,24255		
202	0,90664	0,03549	12,59495		
203	0,90745	0,03463	11,99075		
204	0,88134	0,06240	38,94291		
205	0,87178	0,07257	52,67053		
206	0,87292	0,07136	50,92493		
207	0,88811	0,05520	30,47275		
208	0,85189	0,09373	87,86071		
209	0,90038	0,04215	17,76533		
210	0,86929	0,07522	56,58561		
212	0,91378	0,02789	7,78054	382,89033	8,0407E-02

Na simulação de saída de serviço do transformador B16 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.59 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador B16

Transformador	Probabilidade	Severidade	Risco
B16	2,1342E-07	8,0407E-02	1,7161E-8

3.2.28 - Transformador B17

Tabela 3.60 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador B17

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
204	0,92464	0,01634	2,67010		
208	0,90678	0,03534	12,48946	15,15955	3,1835E-03

Na simulação de saída de serviço do transformador B17 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.61 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador B17

Transformador	Probabilidade	Severidade	Risco
B17	2,1342E-07	3,1835E-03	6,7942E-10

3.2.29 - Linha B20

Tabela 3.62 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B20

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
208	0,92118	0,02002	4,00852	4,00852	8,4179E-04

Na simulação de saída de serviço da linha B20 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 208, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.63 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B20

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B20	1,2277E-02	8,4179E-04	1,0335E-5

3.2.30 - Linha B21

Tabela 3.64 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B21

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,92641	0,01446	2,09018		
203	0,91525	0,02633	6,93258		
204	0,90064	0,04187	17,53293		
205	0,91575	0,02580	6,65530		
206	0,92483	0,01614	2,60445		
207	0,91959	0,02171	4,71444		
208	0,88435	0,05920	35,04892		
209	0,90547	0,03673	13,49390		
210	0,92049	0,02076	4,30783		
212	0,91815	0,02324	5,40315	98,78368	2,0745E-02

Na simulação de saída de serviço da linha B21 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.65 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B21

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B21	3,2797E-03	2,0745E-02	6,8037E-5

3.2.31 - Linha B22

Tabela 3.66 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B22

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
203	0,92838	0,01236	1,52812		
204	0,92097	0,02024	4,09847		
208	0,90603	0,03614	13,05977		
209	0,92457	0,01641	2,69449	21,38084	4,4900E-03

Na simulação de saída de serviço da linha B22 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.67 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B22

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B22	4,5620E-03	4,4900E-03	2,0482E-5

3.2.32 - Linha B23

Tabela 3.68 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B23

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,92946	0,01121	1,25726		
203	0,92061	0,02063	4,25500		
204	0,91473	0,02688	7,22695		
208	0,90153	0,04093	16,74899		
209	0,91935	0,02197	4,82597	34,31417	7,2060E-03

Na simulação de saída de serviço da linha B23 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.69 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B23

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B23	1,5299E-02	7,2060E-03	1,1024E-4

3.2.33 - Linha B25

Tabela 3.70 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B25

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,93895	0,00112	0,01248		
208	0,93178	0,00874	0,76469		
303	0,93682	0,00338	0,11445		
308	0,93503	0,00529	0,27955	1,17117	2,4594E-04

Na simulação de saída de serviço da linha B25 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.71 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B25

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B25	1,0998E-02	2,4594E-04	2,7048E-6

3.2.34 - Linha B26

Tabela 3.72 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B26

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
107	0,90754	0,03453	11,92453		
108	0,89552	0,04732	22,39102		
201	0,91003	0,03188	10,16524		
202	0,91075	0,03112	9,68269		
203	0,84277	0,10344	106,99041		
204	0,87398	0,07023	49,32821		
205	0,89222	0,05083	25,83667		
206	0,90644	0,03570	12,74642		
207	0,90024	0,04230	17,89110		
208	0,86441	0,08041	64,66555		
209	0,88317	0,06046	36,55103		
210	0,90517	0,03705	13,72939		
211	0,93448	0,00587	0,34484		
212	0,9142	0,02745	7,53327		
224	0,85541	0,08999	80,98085		
303	0,92946	0,01121	1,25726		
308	0,92913	0,01156	1,33722	473,35572	9,9405E-02

Na simulação de saída de serviço da linha B26 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.73 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B26

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B26	1,0998E-02	9,9405E-02	1,0933E-3

3.2.35 - Linha B27

Tabela 3.74 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B27

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,93895	0,00112	0,01248		
208	0,93178	0,00874	0,76469		
217	1,06285	0,00269	0,07229		
218	1,06412	0,00389	0,15107		
222	1,0637	0,00349	0,12184		
303	0,93682	0,00338	0,11445		
308	0,93503	0,00529	0,27955	1,51637	3,1844E-04

Na simulação de saída de serviço da linha B27 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.75 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B27

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B27	2,1280E-02	3,1844E-04	6,7764E-6

3.2.36 - Linha B29

Tabela 3.76 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B29

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
218	1,07683	0,01588	2,52091		
221	1,06677	0,00639	0,40791		
303	0,93985	0,00016	0,00025		
308	0,93782	0,00232	0,05378	2,98286	6,2640E-04

Na simulação de saída de serviço da linha B29 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.77 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B29

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B29	2,9599E-02	6,2640E-04	1,8541E-5

3.2.37 - Linha B30

Tabela 3.78 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B30

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,93801	0,00212	0,04482		
208	0,93521	0,00510	0,25967		
303	0,93781	0,00233	0,05428		
308	0,93612	0,00413	0,17038	0,52914	1,1112E-04

Na simulação de saída de serviço da linha B30 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.79 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B30

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B30	2,6320E-03	1,1112E-04	2,9247E-7

3.2.38 - Linha B31

Tabela 3.80 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B31

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
308	0,93871	0,00137	0,01883	0,01883	3,9550E-06

Na simulação de saída de serviço da linha B31 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 308, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.81 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B31

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B31	2,1280E-02	3,9550E-06	8,4152E-8

3.2.39 - Linha B32

Tabela 3.82 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B32

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
308	0,9386	0,00149	0,02218	0,02218	4,6582E-06

Na simulação de saída de serviço da linha B32 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 308, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.83 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B32

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B32	1,5299E-02	4,6582E-06	7,1266E-8

3.2.40 - Linha B33

Tabela 3.84 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B33

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
308	0,93839	0,00171	0,02934	0,02934	6,1605E-06

Na simulação de saída de serviço da linha B33 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 308, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.85 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B33

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B33	2,3754E-02	6,1605E-06	1,4634E-7

3.2.41 - Linha B34

Tabela 3.86 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha B34

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,93735	0,00282	0,07948		
208	0,93437	0,00599	0,35872		
303	0,93676	0,00345	0,11880		
308	0,93508	0,00523	0,27395	0,83096	1,7450E-04

Na simulação de saída de serviço da linha B34 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.87 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha B34

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B34	2,6320E-03	1,7450E-04	4,5928E-7

3.2.42 - Linha C1

Tabela 3.88 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C1

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
301	0,91884	0,02251	5,06729		
302	0,91842	0,02296	5,27044		
303	0,90577	0,03641	13,26044		
304	0,90221	0,04020	16,16211		
305	0,91871	0,02265	5,12974		
306	0,93254	0,00794	0,62983		
307	0,93547	0,00482	0,23224		
308	0,90072	0,04179	17,46173		
309	0,92028	0,02098	4,40107		
310	0,9361	0,00415	0,17214	67,78703	1,4235E-02

Na simulação de saída de serviço da linha C1 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.89 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C1

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C1	2,1494E-02	1,4235E-02	3,0597E-7

3.2.43 - Linha C2

Tabela 3.90 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C2

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,92874	0,01198	1,43490	1,43490	3,0133E-04

Na simulação de saída de serviço da linha C2 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 303, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.91 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C2

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C2	6,0967E-03	3,0133E-04	1,8371E-6

3.2.44 - Linha C3

Tabela 3.92 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C3

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
305	0,92658	0,01428	2,03821		
308	0,92741	0,01339	1,79389	3,83210	8,0474E-04

Na simulação de saída de serviço da linha C3 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.93 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C3

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C3	3,6883E-02	8,0474E-04	2,9681E-5

3.2.45 - Linha C4

Tabela 3.94 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C4

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
304	0,9001	0,04245	18,01732		
308	0,93575	0,00452	0,20442	18,22173	3,8266E-03

Na simulação de saída de serviço da linha C4 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.95 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C4

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C4	2,0242E-02	3,8266E-03	7,7458E-5

3.2.46 - Linha C5

Tabela 3.96 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C5

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,93237	0,00812	0,65886		
304	0,93973	0,00029	0,00083		
308	0,92787	0,01290	1,66520	2,32488	4,8823E-04

Na simulação de saída de serviço da linha C5 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.97 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C5

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C5	8,2297E-03	4,8823E-04	4,0180E-6

3.2.47 - Linha C6

Tabela 3.98 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C6

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,92807	0,01269	1,61074	1,61074	3,3826E-04

Na simulação de saída de serviço da linha C6 verificou-se que a única consequência para a rede teste foi a violação de tensão no barramento 303, que ficou abaixo do limite inferior estipulado.

Tabela 3.99 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C6

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C6	2,2371E-02	3,3826E-04	7,5672E-6

3.2.48 - Linha C8

Tabela 3.100 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C8

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,93442	0,00594	0,35238		
308	0,93184	0,00868	0,75357	1,10595	2,3225E-04

Na simulação de saída de serviço da linha C8 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.101 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C8

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C8	2,7324E-02	2,3225E-04	6,3460E-6

3.2.49 - Linha C9

Tabela 3.102 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C9

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,93651	0,00371	0,13785		
308	0,9365	0,00372	0,13864	0,27648	5,8062E-05

Na simulação de saída de serviço da linha C9 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.103 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C9

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C9	3,3373E-02	5,8062E-05	1,9377E-6

3.2.50 - Linha C11

Tabela 3.104 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C11

Barramento	PU Volt	Severidade		Total	Total x peso
108	0,93702	0,00317	0,10050		
208	0,93181	0,00871	0,75912		
301	0,79063	0,15890	252,50562		
302	0,78989	0,15969	255,01372		
303	0,7797	0,17053	290,81134		
304	0,7659	0,18521	343,03769		
305	0,77923	0,17103	292,51916		
306	0,77888	0,17140	293,79419		
308	0,66708	0,29034	842,97563		
309	0,78221	0,16786	281,77551		
310	0,78901	0,16063	258,01245		
311	0,87324	0,07102	50,44022		
312	0,82479	0,12256	150,21892		
313	0,87912	0,06477	41,94629		
319	0,93416	0,00621	0,38598		
320	0,9378	0,00234	0,05478		
324	0,85325	0,09229	85,16934	3.439,52046	7,2230E-01

Na simulação de saída de serviço da linha C11 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, assim como perda de geração e de carga, pois é a única linha que faz a ligação ao barramento 307 para o resto da rede. Nas tabelas 3.105 e 3.106 encontram-se a severidade para a perda de geração e perda de carga, repetidamente.

Tabela 3.105 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída da linha C11

Barramento	Perda de Geração (MW)	Severidade		
			Total	Total x peso
307	240	2,66729	2,66729	12,0028

Tabela 3.106 - Lista de barramentos em que ocorre perda de carga após simulação de saída da linha C11

Barramento	Perda de Carga (MW)	Severidade		
			Total	Total x peso
307	125	1,46199	1,46199	78,9474

Tabela 3.107 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço da linha C11

Violação de tensão	Perda de Geração	Perda de Carga	Total
7,2230E-01	12,0028	78,9474	91,6725

Tabela 3.108 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C11

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C11	4,9787E-02	91,6725	4,5641

3.2.51 - Linha C12-1

Tabela 3.109 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C12-1

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,93378	0,00662	0,43785		
304	0,93975	0,00027	0,00071		
307	0,93468	0,00566	0,32031		
308	0,89991	0,04265	18,18932	18,94818	3,9791E-03

Na simulação de saída de serviço da linha C12-1 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.110 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C12-1

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C12-1	1,2277E-02	3,9791E-03	4,8851E-5

3.2.52 - Linha C13-2

Tabela 3.111 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C13-2

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,93259	0,00788	0,62141		
307	0,91145	0,03037	9,22479		
308	0,87597	0,06812	46,39929		
309	0,93976	0,00026	0,00065	56,24614	1,1812E-02

Na simulação de saída de serviço da linha C13-2 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.112 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C13-2

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C13-2	1,2277E-02	1,1812E-02	1,4501E-5

3.2.53 - Transformador C14

Tabela 3.113 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador C14

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,91297	0,02876	8,26868		
304	0,91145	0,03037	9,22479		
308	0,87597	0,06812	46,39929		
309	0,93976	0,00026	0,00065	63,89341	1,3418E-02

Na simulação de saída de serviço do transformador C14 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.114 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador C14

Transformador	Probabilidade	Severidade	Risco
C14	2,1342E-07	1,3418E-02	2,8637E-9

3.2.54 - Transformador C15

Tabela 3.115 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador C15

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,90095	0,04154	17,25784		
304	0,90462	0,03764	14,16641		
307	0,93409	0,00629	0,39529		
308	0,8993	0,04330	18,74706		
309	0,89625	0,04654	21,66209	72,22870	1,5168E-02

Na simulação de saída de serviço do transformador C15 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.116 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador C15

Transformador	Probabilidade	Severidade	Risco
C15	2,1342E-07	1,5168E-02	3,2371E-9

3.2.55 - Transformador C17

Tabela 3.117 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço do transformador C17

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
301	0,92801	0,01276	1,62698		
302	0,92858	0,01215	1,47597		
303	0,90274	0,03964	15,71195		
304	0,90111	0,04137	17,11671		
305	0,91784	0,02357	5,55756		
306	0,92124	0,01996	3,98300		
307	0,92312	0,01796	3,22470		
308	0,888	0,05532	30,60208		
309	0,9158	0,02574	6,62789		
310	0,92197	0,01918	3,67905	89,60587	1,8817E-02

Na simulação de saída de serviço do transformador C17 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.118 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do transformador C17

Transformador	Probabilidade	Severidade	Risco
C17	2,1342E-07	1,8817E-02	4,0159E-9

3.2.56 - Linha C18

Tabela 3.119 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C18

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,92194	0,01921	3,69130		
304	0,939	0,00106	0,01132		
308	0,92723	0,01359	1,84555	5,54817	1,1651E-03

Na simulação de saída de serviço da linha C18 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.120 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C18

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C18	1,2277E-02	1,1651E-03	1,4303E-5

3.2.57 - Linha C20

Tabela 3.121 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C20

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,91755	0,02388	5,70397		
304	0,9216	0,01957	3,83160		
305	0,93978	0,00023	0,00055		
308	0,90901	0,03297	10,86895		
309	0,92653	0,01433	2,05343	22,45849	4,7163E-03

Na simulação de saída de serviço da linha C20 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.122 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C20

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C20	1,2277E-02	4,7163E-03	5,7902E-5

3.2.58 - Linha C21

Tabela 3.123 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C21

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,9397	0,00032	0,00102		
208	0,93815	0,00197	0,03873		
301	0,8946	0,04830	23,32684		
302	0,89455	0,04835	23,37825		
303	0,86677	0,07790	60,69073		
304	0,86706	0,07760	60,21100		
305	0,88425	0,05931	35,17499		
306	0,8897	0,05351	28,63388		
307	0,88939	0,05384	28,98791		
308	0,85321	0,09233	85,24790		
309	0,87601	0,06807	46,34133		
310	0,89203	0,05103	26,04256		
311	0,92723	0,01359	1,84555		
312	0,89514	0,04772	22,77523		
313	0,93813	0,00199	0,03958		
324	0,91971	0,02159	4,65917	447,39469	9,3953E-02

Na simulação de saída de serviço da linha C21 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.124 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C21

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C21	3,2797E-03	9,3953E-02	3,0814E-4

3.2.59 - Linha C22

Tabela 3.125 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C22

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,93569	0,00459	0,21023		
208	0,93081	0,00978	0,95582		
301	0,87154	0,07283	53,04178		
302	0,8715	0,07287	53,10378		
303	0,84159	0,10469	109,60308		
304	0,84494	0,10113	102,26804		
305	0,86168	0,08332	69,42081		
306	0,8666	0,07809	60,97284		
307	0,86773	0,07688	59,10992		
308	0,83084	0,11613	134,85633		
309	0,85579	0,08959	80,25491		
310	0,87093	0,07348	53,99123		
311	0,90758	0,03449	11,89516		
312	0,88125	0,06250	39,06250		
313	0,9149	0,02670	7,13004		
324	0,89264	0,05038	25,38445	861,26091	1,8086E-01

Na simulação de saída de serviço da linha C22 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.126 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C22

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C22	4,5620E-03	1,8086E-01	8,2508E-4

3.2.60 - Linha C24

Tabela 3.127 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C24

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,93134	0,00921	0,84875		
308	0,93328	0,00715	0,51107	1,35982	2,8556E-04

Na simulação de saída de serviço da linha C24 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.128 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C24

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C24	2,6516E-02	2,8556E-04	7,5719E-6

3.2.61 - Linha C25

Tabela 3.129 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C25

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,92296	0,01813	3,28612		
304	0,93585	0,00441	0,19491		
308	0,92492	0,01604	2,57364	6,05467	1,2715E-03

Na simulação de saída de serviço da linha C25 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.130 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C25

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C25	1,0998E-02	1,2715E-03	1,3984E-5

3.2.62 - Linha C27

Tabela 3.131 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C27

Barramento	PU Volt	Severidade		Total	Total x peso
303	0,9162	0,02532	6,41059		
304	0,92861	0,01212	1,46822		
308	0,91768	0,02374	5,63810		
309	0,93354	0,00687	0,47229	2,57364	5,4046E-04

Na simulação de saída de serviço da linha C27 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.132 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C27

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C27	2,1280E-02	5,4046E-04	1,1501E-5

3.2.63 - Linha C28

Tabela 3.133 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C28

Barramento	PU Volt	Severidade		Total	Total x peso
118	1,06036	0,00034	0,00115		
121	1,06072	0,00068	0,00461		
122	1,06111	0,00105	0,01097		
208	0,93944	0,00060	0,00355		
303	0,93942	0,00062	0,00381		
323	1,06191	0,00180	0,03247		
324	1,06214	0,00202	0,04076	0,09732	2,0436E-05

Na simulação de saída de serviço da linha C28 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.134 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C28

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C28	2,3754E-02	2,0436E-05	4,8544E-7

3.2.64 - Linha C29

Tabela 3.135 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C29

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,93443	0,00593	0,35112		
308	0,93243	0,00805	0,64854		
318	1,06692	0,00653	0,42619	1,42585	2,9943E-04

Na simulação de saída de serviço da linha C29 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.136 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C29

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C29	2,9599E-02	2,9943E-04	8,8628E-6

3.2.65 - Linha C30

Tabela 3.137 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C30

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,93986	0,00015	0,00022		
208	0,93652	0,00370	0,13706		
303	0,91728	0,02417	5,84199		
304	0,93109	0,00948	0,89846		
308	0,92035	0,02090	4,36988		
309	0,9359	0,00436	0,19024	11,43786	2,4019E-03

Na simulação de saída de serviço da linha C30 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.138 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C30

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C30	2,6320E-03	2,4019E-03	6,3218E-6

3.2.66 - Linha C31

Tabela 3.139 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C31

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,93761	0,00254	0,06465		
308	0,93633	0,00390	0,15243	0,21708	4,5586E-05

Na simulação de saída de serviço da linha C31 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.140 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C31

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C31	2,1280E-02	4,5586E-05	9,701E-7

3.2.67 - Linha C32

Tabela 3.141 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C32

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,93759	0,00256	0,06573		
308	0,93662	0,00360	0,12929	0,19503	4,0955E-05

Na simulação de saída de serviço da linha C32 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.142 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C32

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C32	1,5299E-02	4,0955E-05	6,2657E-7

3.2.68 - Linha C33

Tabela 3.143 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C33

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,93745	0,00271	0,07359		
308	0,93586	0,00440	0,19397	0,26757	5,6189E-05

Na simulação de saída de serviço da linha C33 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.144 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C33

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C33	2,3754E-02	5,6189E-05	1,3347E-6

3.2.69 - Linha C34

Tabela 3.145 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C34

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,93938	0,00066	0,00435		
208	0,93545	0,00484	0,23430		
303	0,91497	0,02663	7,09032		
304	0,92841	0,01233	1,52024		
308	0,91749	0,02395	5,73450		
309	0,93337	0,00705	0,49748	15,08118	3,1670E-03

Na simulação de saída de serviço da linha C34 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.146 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C34

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C34	7,0834E-03	3,1670E-03	2,2433E-5

3.2.70 - Linha CB-1

Tabela 3.147 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha CB-1

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,93746	0,00270	0,07301		
303	0,92235	0,01878	3,52561		
304	0,93583	0,00444	0,19680		
308	0,92529	0,01565	2,44889	6,24431	1,3113E-03

Na simulação de saída de serviço da linha CB-1 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.148 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha CB-1

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
CB-1	2,9381E-03	1,3113E-03	3,8527E-6

3.2.71 - Linha C35

Tabela 3.149 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço da linha C35

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
121	1,06015	0,00014	0,00020		
122	1,06017	0,00016	0,00026		
303	0,93378	0,00662	0,43785		
308	0,93146	0,00909	0,82539		
325	1,07069	0,01008	1,01705	2,28075	4,7896E-04

Na simulação de saída de serviço da linha C35 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos.

Tabela 3.150 - Cálculo do risco associado à saída de serviço da linha C35

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
C35	2,1342E-07	4,7896E-04	1,0222E-10

3.3- Simulação de saída de serviço de várias linhas e/ou transformadores

Devido ao facto de na simulação de saída de apenas uma linha ou transformador de cada vez não se ter verificado a violação de corrente nem a criação de ilhas elétricas, nesta segunda fase da análise à rede teste consiste na simulação de saída de serviço de várias linhas e/ou transformadores, e verificar as consequências associada à rede teste e calcular o risco associado.

3.3.1 -Linhas B25-1; B30; B31-1 e B31-2

Tabela 3.151 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,93006	0,01057	1,11819		
203	0,92533	0,01561	2,43559		
221	0,92875	0,01197	1,43235		
222	0,91271	0,02903	8,42852		
224	0,92697	0,01386	1,92147		
308	0,93358	0,00683	0,46646	15,80258	3,3185E-03

Na simulação de saída de serviço das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, assim como a violação de corrente na linha B25-2. Na tabela 3.152 encontra-se a severidade para a violação de corrente para a referida linha.

Tabela 3.152 - Lista de linhas e/ou transformadores em que ocorre violação de corrente após simulação de saída das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2

Linha ou transformador	S (MVA)	Smáximo (MVA)	Severidade		
				Total	Total x peso
B25-2	701,5	500	0,403	0,403	1,2211E-03

Tabela 3.153 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2

Violação de tensão	Violação de corrente	Total
3,3185E-03	1,2211E-03	4,5396E-3

Tabela 3.154 - Cálculo do risco associado à saída de serviço das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
B25-1	1,0998E-02		
B30	2,6320E-03		
B31-1	2,1280E-02		
B31-2	2,1280E-02		
Total	1,3108E-8	4,5396E-3	5,9506E-11

Como há violação de corrente na linha B25-2, esta não pode operar nessa condição logo implica a sua saída de serviço, então tem que se voltar a calcular o risco associado também à sua saída de serviço em conjunto com as linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2.

Verifica-se que a saída de serviço forçada da linha B25-2 provoca a violação de tensão em vários barramentos assim como a perda de geração do gerador no barramento 221.

Tabela 3.155 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2 e saída de serviço forçada da linha B25-2

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
117	1,06518	0,00489	0,23881		
118	1,07553	0,01465	2,14650		
120	1,06308	0,00291	0,08443		
121	1,07454	0,01372	1,88156		
122	1,07644	0,01551	2,40543		
123	1,06939	0,00886	0,78473		
201	1,12433	0,06069	36,83116		
202	1,12562	0,06191	38,32311		
204	1,08399	0,02263	5,12211		
205	1,10748	0,04479	20,06364		
206	1,12895	0,06505	42,31134		
207	1,10849	0,04575	20,92631		
208	1,07831	0,01727	2,98377		
209	1,07955	0,01844	3,40159		
210	1,11435	0,05127	26,28981		
211	1,1142	0,05113	26,14489		
212	1,09517	0,03318	11,00862		
213	1,11838	0,05508	30,33308		
214	1,13042	0,06643	44,13471		
216	1,08091	0,01973	3,89131		
217	1,08964	0,02796	7,81888		
218	1,09989	0,03763	14,16173		
219	1,08777	0,02620	6,86341		
220	1,10307	0,04063	16,50966		
303	0,93117	0,00939	0,88240		
304	0,93265	0,00782	0,61139		
308	0,91966	0,02164	4,68216		
309	0,93663	0,00359	0,12853		
318	1,06518	0,00489	0,23881		
321	1,06262	0,00247	0,06109		
322	1,06306	0,00289	0,08334	371,34829	7,7983E-02

Tabela 3.156 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2 e saída de serviço forçada da linha B25-2

Barramento	Perda de Geração (MW)	Severidade		
			Total	Total x peso
221	400	4,44548	4,44548	20,0047

Tabela 3.157 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2 e saída de serviço forçada da linha B25-2

Violação de tensão	Perda de geração	Total
7,7983E-02	20,0047	20,0827

Tabela 3.158 - Cálculo do risco associado à saída de serviço das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2 e saída de serviço forçada da linha B25-2

Linhas	Probabilidade	Severidade	Risco
B25-1, B30, B31-1 e B31-2	1,3108E-8	20,0827	2,6324E-7

Logo o risco associado à saída de serviço das linhas B25-1, B30, B31-1 e B31-2 em simultâneo não é o risco calculado inicialmente de 5,9506E-11 mas sim após a saída de serviço forçada da linha em sobrecarga, que é de 2,6324E-7.

3.3.2 -Linhas A2 e A26

Tabela 3.159 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço das linhas A2 e A26

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
113	0,71932	0,23477	551,15055		
104	0,91977	0,02152	4,63165		
108	0,9118	0,03000	9,00000		
109	0,90201	0,04041	16,33364		
115	1,07694	0,01598	2,55397		
116	1,06864	0,00815	0,66438		
117	1,09304	0,03117	9,71557		
118	1,10599	0,04339	18,82414		
121	1,10767	0,04497	20,22454		
122	1,10807	0,04535	20,56537		
124	0,70869	0,24607	605,52644		
222	1,06028	0,00026	0,00070		
317	1,07297	0,01224	1,49716		
318	1,08247	0,02120	4,49360		
320	1,07529	0,01442	2,08067		
321	1,08439	0,02301	5,29434		
322	1,08565	0,02420	5,85549		
323	1,08714	0,02560	6,55553		
325	1,08941	0,02775	7,69801	1.292,66573	2,7146E-01

Na simulação de saída de serviço das linhas A2 e A26 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, assim como a violação de corrente na linha A6. Na tabela 3.160 encontra-se a severidade para a violação de corrente para a referida linha.

Tabela 3.160 - Lista de linhas e/ou transformadores em que ocorre violação de corrente após simulação de saída das linhas A2 e A26

Linha ou transformador	S (MVA)	Smáximo (MVA)	Severidade		
				Total	Total x peso
A6	229,6	175	0,312	0,312	9,4536E-04

Tabela 3.161 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço das linhas A2 e A26

Violação de tensão	Violação de corrente	Total
2,7146E-01	9,4536E-04	2,7241E-1

Tabela 3.162 - Cálculo do risco associado à saída de serviço das linhas A2 e A26

Linha	Probabilidade	Severidade	Risco
A2	6,0967E-03		
A26	1,0998E-02		
Total	6,7052E-5	2,7241E-1	1,8265E-5

Como há violação de corrente na linha A6, esta não pode operar nessa condição logo implica a sua saída de serviço, então tem que se voltar a calcular o risco associado também à sua saída de serviço em conjunto com as linhas A2 e A6.

Verifica-se que a saída de serviço forçada da linha A6 provoca a violação de tensão em vários barramentos assim como a perda de carga no barramento 103.

Tabela 3.163 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço das linhas A2 e A26 e saída de serviço forçada da linha A6

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
101	1,06964	0,00909	0,82707		
102	1,06824	0,00777	0,60429		
114	1,08457	0,02318	5,37277		
115	1,0838	0,02245	5,04130		
116	1,07692	0,01596	2,54794		
117	1,09944	0,03721	13,84402		
118	1,11146	0,04855	23,56828		
121	1,1123	0,04934	24,34398		
122	1,1135	0,05047	25,47392		
218	1,06269	0,00254	0,06440		
221	1,0625	0,00236	0,05562		
222	1,06328	0,00309	0,09575		
318	1,07013	0,00956	0,91329		
320	1,06188	0,00177	0,03146		
321	1,07116	0,01053	1,10845		
322	1,0721	0,01142	1,30304		
323	1,07423	0,01342	1,80218		
325	1,07798	0,01696	2,87718	109,87494	2,3074E-02

Tabela 3.164 - Lista de barramentos em que ocorre perda de carga após simulação de saída das linhas A2 e A26 e saída de serviço forçada da linha A6

Barramento	Perda de Carga (MW)	Severidade		
			Total	Total x peso
103	180	2,10526	113,6842	113,6842

Tabela 3.165 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço das linhas A2 e A26 e saída de serviço forçada da linha A6

Violação de tensão	Perda de carga	Total
2,3074E-02	113,6842	113,7072

Tabela 3.166 - Cálculo do risco associado à saída de serviço das linhas A2 e A26 e saída de serviço forçada da linha A6

Linhas	Probabilidade	Severidade	Risco
A2 e A26	6,7052E-5	113,7072	7,6242E-3

Logo o risco associado à saída de serviço das linhas A2 e A26 em simultâneo não é o risco calculado inicialmente de 1,8265E-5 mas sim após a saída de serviço forçada da linha em sobrecarga, que é de 7,6242E-3.

3.3.3 -Linhas AB1, AB2, AB3 e CB-1

Esta simulação teve como objetivo a saída de serviço das linhas que fazem a interligação entre as zonas A e C com a zona B (ver Anexo A), fazendo assim uma ilha elétrica na zona B e assim verificar as consequências que traz à rede teste e fazer o cálculo do risco.

Tabela 3.167 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3 e CB-1

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,9205	0,02074	4,30342		
304	0,93399	0,00639	0,40878		
308	0,92342	0,01764	3,11110		
309	0,93862	0,00147	0,02155	7,84485	1,6474E-03

Na simulação de saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3 e CB-1 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, não se tendo verificado qualquer sobrecarga nas linhas que continuam em serviço, assim como não se verificou qualquer perda de carga e perda de geração. Formaram-se duas redes, zona A e C e zona B a trabalharem independentemente e após verificar a condição de estabilidade, expressão 2.8, pode-se verificar que as ilhas elétricas criadas são estáveis, os valores da geração total e carga consumida, por cada ilha encontram-se na tabela 3.168.

Tabela 3.168 - Valores da geração total e carga consumida por cada ilha elétrica formada após simulação de saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3 e CB-1

Zona	Geração (MW)	Carga (MW)	1,1 x Carga (MW)
A e C	5796,73	5700	6270
B	2896,94	2850	3135

Tabela 3.169 - Cálculo do risco associado à saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3 e CB-1

Linhas	Probabilidade	Severidade	Risco
AB1	1,2277E-02		
AB2	5,6846E-03		
AB3	6,3456E-03		
CB-1	2,9381E-03		
Total	1,3012E-9	1,6474E-03	2,1435E-12

3.3.4 -Linhas AB1, AB2, AB3 e CA-1

Esta simulação teve como objetivo a saída de serviço das linhas que fazem a interligação entre as zonas B e C com a zona A, fazendo assim uma ilha elétrica na zona A e assim verificar as consequências que traz à rede teste e fazer o cálculo do risco.

Na simulação de saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3 e CA-1 não se verificou qualquer severidade para a rede, ou seja, não houve violação de tensão em qualquer barramento, também não se verificou qualquer sobrecarga nas linhas que continuam em serviço, assim como não houve perda de carga ou perda de geração. Formaram-se duas redes, zona B e C e zona A a trabalharem independentemente e após verificar a condição de estabilidade, expressão 2.8, pode-se verificar que as ilhas elétricas criadas são estáveis, os valores da geração total e carga consumida, por cada ilha encontram-se na tabela 3.170.

Tabela 3.170 - Valores da geração total e carga consumida por cada ilha elétrica formada após simulação de saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3 e CA-1

Zona	Geração (MW)	Carga (MW)	1,1 x Carga (MW)
A	2901,11	2850	3135
B e C	5792,80	5700	6270

Como a única severidade que ocorre na rede após a saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3 e CA-1 é a criação de uma ilha elétrica, e esta é estável, o risco associado é nulo.

3.3.5 -Linhas CA-1 e CB-1

Esta simulação, teve como objetivo a saída de serviço das linhas que fazem a interligação entre as zonas A e B com a zona C, fazendo assim uma ilha elétrica na zona C e assim verificar as consequências que traz à rede teste e fazer o cálculo do risco.

Tabela 3.171 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço das linhas CA-1 e CB-1

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,93741	0,00276	0,07592	0,07592	1,5943E-05

Na simulação de saída de serviço das linhas CA-1 e CB-1 verificou-se a violação de tensão no barramento 303, não se tendo verificado qualquer sobrecarga nas linhas que continuam em serviço, assim como não se verificou qualquer perda de carga e perda de geração. Formaram-se duas redes, zona A e B e zona C a trabalharem independentemente e após verificar a condição de estabilidade, expressão 2.8, pode-se verificar que as ilhas elétricas criadas são estáveis, os valores da geração total e carga consumida, por cada ilha encontram-se na tabela 3.172.

Tabela 3.172 - Valores da geração total e carga consumida por cada ilha elétrica formada tensão após simulação de saída de serviço das linhas CA-1 e CB-1

Zona	Geração (MW)	Carga (MW)	1,1 x Carga (MW)
A e B	5798,05	5700	6270
C	2895,86	2850	3135

Tabela 3.173 - Cálculo do risco associado à saída de serviço das linhas CA-1 e CB-1

Linhas	Probabilidade	Severidade	Risco
CA-1	3,2797E-03		
CB-1	2,9381E-03		
Total	9,6361E-6	1,5943E-05	1,5363E-10

3.3.6 -Linhas AB1, AB2, AB3, CA-1 e CB-1

Esta simulação, teve como objetivo a saída de serviço das linhas que fazem a interligação entre as zonas A, B e C, formando assim três ilhas elétricas, ou seja, cada zona, A, B e C fica a trabalhar independentemente e assim verificar as consequências e cálculo do risco associado.

Tabela 3.174 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3, CA-1 e CB-1

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,93741	0,00276	0,07592	0,07592	1,5943E-05

Na simulação de saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3, CA-1 e CB-1 verificou-se a violação de tensão no barramento 303, não se tendo verificado qualquer sobrecarga nas linhas que continuam em serviço, assim como não se verificou qualquer perda de carga e perda de geração. Formaram-se três redes, cada zona A, B e C ficaram a trabalhar independentemente e após verificar a condição de estabilidade, expressão 2.8, pode-se verificar que as ilhas elétricas criadas são estáveis, os valores da geração total e carga consumida encontram-se na tabela 3.175.

Tabela 3.175 - Valores da geração total e carga consumida por cada ilha elétrica formada após simulação de saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3, CA-1 e CB-1

Zona	Geração (MW)	Carga (MW)	1,1 x Carga (MW)
A	2901,11	2850	3135
B	2896,94	2850	3135
C	2895,86	2850	3135

Tabela 3.176 - Cálculo do risco associado à saída de serviço das linhas AB1, AB2, AB3, CA-1 e CB-1

Linhas	Probabilidade	Severidade	Risco
AB1	1,2277E-02		
AB2	5,6846E-03		
AB3	6,3456E-03		
CA-1	3,2797E-03		
CB-1	2,9381E-03		
Total	4,2674E-12	1,5943E-05	6,8036E-17

3.4- Simulação de saída de serviço de um gerador

A terceira fase da análise da rede teste consistiu na simulação de saída de serviço de cada um dos geradores, verificar as consequências associadas para a rede, ou seja, verificar se há violação de corrente nas outras linhas que continuam em serviço, violação de tensão nos barramentos, se há perda de carga ou perda de geração. Após verificar as consequências calculou-se a severidade e o risco associado.

Os valores mínimo e máximo para a severidade de violação de tensão são iguais às simulações anteriores feitas em 3.2 e 3.3 (0,94 pu e 1,06 pu, respetivamente).

Os geradores que após a sua saída de serviço não provocaram nenhuma severidade para a rede teste, os resultados não serão apresentados. O risco associado à saída de serviço desses geradores é nulo.

3.4.1 -Gerador do Barramento 101, ID 3 ou ID 4

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 3 e 4, têm as mesmas características e a mesma geração (76 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.177 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 101

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
104	0,93873	0,00135	0,01825		
108	0,92982	0,01083	1,17284		
303	0,93889	0,00118	0,01394		
308	0,9367	0,00351	0,12325	1,32829	2,7894E-04

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 101 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.178 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.178 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 101

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
76	0,8446	0,8446	3,8009

Tabela 3.179 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 101

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
2,7894E-04	3,8009	3,8012

Tabela 3.180 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 101

Probabilidade	Severidade	Risco
0,02	3,8012	7,6024E-1

3.4.2 - Gerador do Barramento 102, ID 3 ou ID 4

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 3 e 4, têm as mesmas características e a mesma geração (76 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.181 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 102

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,93211	0,00839	0,70453		
303	0,93927	0,00078	0,00603		
308	0,93708	0,00311	0,09650	0,80706	1,6948E-04

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 102 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.182 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.182 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 102

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
76	0,8446	0,8446	3,8009

Tabela 3.183 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 102

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
1,6948E-04	3,8009	3,8011

Tabela 3.184 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 102

Probabilidade	Severidade	Risco
0,02	3,8011	7,6022E-1

3.4.3 -Gerador do Barramento 107, ID 1 a ID 3

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 1 a ID 3, têm as mesmas características e a mesma geração (75 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.185 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 107

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
107	0,92522	0,01572	2,47225		
108	0,90924	0,03272	10,70821		
203	0,93454	0,00581	0,33739		
208	0,93002	0,01062	1,12721		
303	0,93778	0,00236	0,05578		
308	0,93593	0,00433	0,18747	14,88831	3,1265E-03

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 107 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.186 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.186 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 107

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
75	0,8335	0,8335	3,7509

Tabela 3.187 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 107

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
3,1265E-03	3,7509	3,7540

Tabela 3.188 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 107

Probabilidade	Severidade	Risco
0,04	3,7540	1,5016E-1

3.4.4 -Gerador do Barramento 118, ID 1

Tabela 3.189 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 118

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,92883	0,01188	1,41205		
304	0,93808	0,00204	0,04172		
308	0,9267	0,01415	2,00192	3,45570	7,2570E-04

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 118 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.190 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.190 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 118

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
400	4,4455	4,4455	20,0047

Tabela 3.191 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 118

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
7,2570E-04	20,0047	20,0054

Tabela 3.192 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 118

Probabilidade	Severidade	Risco
0,12	20,0054	2,4007

3.4.5 -Gerador do Barramento 121, ID 1

Tabela 3.193 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 121

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,9329	0,00755	0,57051		
308	0,9311	0,00947	0,89645	1,46695	3,0806E-04

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 121 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.194 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.194 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 121

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
400	4,4455	4,4455	20,0047

Tabela 3.195 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 121

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
3,0806E-04	20,0047	20,0050

Tabela 3.196 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 121

Probabilidade	Severidade	Risco
0,12	20,0050	2,4006

3.4.6 -Gerador do Barramento 122, ID 1 a ID 6

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 1 a ID 6, têm as mesmas características e a mesma geração (50 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.197 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 122

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
118	1,06284	0,00268	0,07178		
121	1,06282	0,00266	0,07078		
122	1,06495	0,00467	0,21807	0,36063	7,5733E-05

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 122 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.198 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.198 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 122

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
50	0,5557	0,5557	2,5006

Tabela 3.199 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 122

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
7,5733E-05	2,5006	2,5007

Tabela 3.200 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 122

Probabilidade	Severidade	Risco
0,01	2,5007	2,5007E-2

3.4.7 -Gerador do Barramento 123, ID 3

Tabela 3.201 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 do barramento 123

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,9329	0,00755	0,57051		
308	0,9311	0,00947	0,89645	1,46695	3,0806E-04

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 3 do barramento 123 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.202 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.202 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 do barramento 123

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
350	3,8898	3,8898	17,5041

Tabela 3.203 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 do barramento 123

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
3,0806E-04	17,5041	17,5044

Tabela 3.204 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 do barramento 123

Probabilidade	Severidade	Risco
0,08	17,5044	1,4004

3.4.8 -Gerador do Barramento 201, ID 3 ou ID 4

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 3 e 4, têm as mesmas características e a mesma geração (76 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.205 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 201

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,9326	0,00787	0,61974		
203	0,92774	0,01304	1,70108		
204	0,91462	0,02700	7,29000		
205	0,92795	0,01282	1,64331		
208	0,90739	0,03469	12,03499		
209	0,92726	0,01355	1,83689		
303	0,93539	0,00490	0,24052		
308	0,93411	0,00627	0,39262	25,75915	5,4094E-03

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 201 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.206 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.206 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 201

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
76	0,8446	0,8446	3,8009

Tabela 3.207 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 201

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
5,4094E-03	3,8009	3,8063

Tabela 3.208 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 201

Probabilidade	Severidade	Risco
0,1	3,8063	3,8063E-1

3.4.9 -Gerador do Barramento 202, ID 3 ou ID 4

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 3 e 4, têm as mesmas características e a mesma geração (76 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.209 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 202

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,93439	0,00597	0,35618		
203	0,93225	0,00824	0,67975		
204	0,92038	0,02087	4,35655		
205	0,93647	0,00376	0,14102		
207	0,9126	0,02915	8,49660		
208	0,93152	0,00902	0,81383		
303	0,93609	0,00416	0,17302		
308	0,93469	0,00565	0,31910	15,33606	3,2206E-03

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 202 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.210 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.210 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 202

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
76	0,8446	0,8446	3,8009

Tabela 3.211 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 202

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
3,2206E-03	3,8009	3,8041

Tabela 3.212 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 202

Probabilidade	Severidade	Risco
0,1	3,8041	3,8041E-1

3.4.10 - Gerador do Barramento 207, ID 1 a ID 3

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 1 a ID 3, têm as mesmas características e a mesma geração (75 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.213 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 207

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,93086	0,00972	0,94545		
203	0,92337	0,01769	3,12989		
204	0,9092	0,03277	10,73608		
205	0,92443	0,01656	2,74360		
206	0,93373	0,00667	0,44492		
207	0,86952	0,07498	56,21809		
208	0,85644	0,08889	79,02075		
209	0,91324	0,02847	8,10432		
210	0,92831	0,01244	1,54658		
212	0,93889	0,00118	0,01394		
303	0,93349	0,00693	0,47963		
308	0,93256	0,00791	0,62646	164,00971	3,4442E-02

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 207 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.214 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.214 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 207

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
75	0,8335	0,8335	3,7509

Tabela 3.215 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 207

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
3,4442E-02	3,7509	3,7803

Tabela 3.216 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 207

Probabilidade	Severidade	Risco
0,04	3,7540	1,5141E-1

3.4.11 - Gerador do Barramento 213, ID 1 a ID 3

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 1 a ID 3, têm as mesmas características e a mesma geração (95 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.217 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 213

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,93609	0,00416	0,17302		
203	0,92639	0,01448	2,09633		
204	0,92926	0,01143	1,30543		
208	0,91423	0,02741	7,51576		
209	0,93219	0,00831	0,69031		
303	0,9345	0,00585	0,34235		
308	0,93335	0,00707	0,50048	12,62369	2,6510E-03

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 213 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.218 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.218 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 213

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
95	1,0558	1,0558	4,7511

Tabela 3.219 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 213

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
2,6510E-03	4,7511	4,7538

Tabela 3.220 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 213

Probabilidade	Severidade	Risco
0,05	4,7538	2,3769E-1

3.4.12 - Gerador do Barramento 216, ID 1

Tabela 3.221 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 216

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,9393	0,00074	0,00555		
308	0,93724	0,00294	0,08621	0,09176	1,9269E-05

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 216 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.222 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.222 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 216

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
155	1,7226	1,7226	7,7518

Tabela 3.223 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 216

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
1,9269E-05	7,7518	7,7518

Tabela 3.224 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 216

Probabilidade	Severidade	Risco
0,04	7,7518	3,1007E-1

3.4.13 - Gerador do Barramento 218, ID 1

Tabela 3.225 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 218

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,93592	0,00434	0,18839		
203	0,93554	0,00474	0,22512		
204	0,93766	0,00249	0,06197		
208	0,92428	0,01672	2,79672		
303	0,93401	0,00637	0,40607		
308	0,93245	0,00803	0,64512	4,32339	9,0791E-04

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 218 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.226 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.226 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 218

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
400	4,4455	4,4455	20,0047

Tabela 3.227 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 218

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
9,0791E-04	20,0047	20,0056

Tabela 3.228 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 218

Probabilidade	Severidade	Risco
0,12	20,0056	2,4007

3.4.14 - Gerador do Barramento 222, ID 1 a ID 6

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 1 a ID 6, têm as mesmas características e a mesma geração (50 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.229 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 222

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
218	1,06125	0,00118	0,01391		
221	1,06121	0,00114	0,01303		
222	1,06335	0,00316	0,09988	0,12682	2,6631E-05

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 222 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.230 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.230 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 222

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
50	0,5557	0,5557	2,5006

Tabela 3.231 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 222

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
2,6631E-05	2,5006	2,5006

Tabela 3.232 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 222

Probabilidade	Severidade	Risco
0,01	2,5006	2,5006E-2

3.4.15 - Gerador do Barramento 223, ID 1 ou ID 2

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 1 ou ID 2, têm as mesmas características e a mesma geração (155 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.233 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 223

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
208	0,93778	0,00236	0,05578		
303	0,93754	0,00262	0,06849		
308	0,93553	0,00476	0,22613	0,35039	7,3583E-05

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 223 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.234 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.234 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 223

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
155	1,7226	1,7226	7,7518

Tabela 3.235 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 223

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
7,3583E-05	7,7518	7,7519

Tabela 3.236 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 223

Probabilidade	Severidade	Risco
0,04	7,7519	3,1008E-1

3.4.16 - Gerador do Barramento 223, ID 3

Tabela 3.237 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 do barramento 223

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
108	0,93771	0,00244	0,05935		
203	0,93686	0,00334	0,11158		
204	0,93486	0,00547	0,29900		
208	0,9213	0,01989	3,95756		
209	0,93781	0,00233	0,05428		
303	0,92826	0,01249	1,55984		
304	0,93836	0,00174	0,03044		
308	0,92696	0,01387	1,92442	7,99647	1,6793E-03

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 3 do barramento 223 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.238 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.238 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 do barramento 223

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
350	3,8898	3,8898	17,5041

Tabela 3.239 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 do barramento 223

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
1,6793E-03	17,5041	17,5058

Tabela 3.240 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 do barramento 223

Probabilidade	Severidade	Risco
0,08	17,5058	1,4005

3.4.17 - Gerador do Barramento 301, ID 1 ou ID 2

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 1 e 2, têm as mesmas características e a mesma geração (10 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.241 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 301

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,93744	0,00272	0,07417		
308	0,93505	0,00527	0,27730	0,35147	7,3809E-05

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 301 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.242 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.242 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 301

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
10	0,1111	0,1111	0,5001

Tabela 3.243 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 301

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
7,3809E-05	0,5001	0,5001

Tabela 3.244 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 301

Probabilidade	Severidade	Risco
0,1	0,5001	5,0012E-1

3.4.18 - Gerador do Barramento 301, ID 3 ou ID 4

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 3 e 4, têm as mesmas características e a mesma geração (76 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.245 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 301

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
301	0,90726	0,03483	12,13114		
302	0,90957	0,03237	10,47968		
303	0,88818	0,05513	30,39059		
304	0,88659	0,05682	32,28416		
305	0,90161	0,04084	16,67940		
306	0,91772	0,02370	5,61791		
307	0,91832	0,02306	5,31940		
308	0,88305	0,06059	36,70555		
309	0,90394	0,03836	14,71620		
310	0,91957	0,02173	4,72369		
312	0,93369	0,00671	0,45061		
324	0,93695	0,00324	0,10528	169,60362	3,5617E-02

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 301 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.246 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.246 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 301

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
76	0,8446	0,8446	3,8009

Tabela 3.247 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 301

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
3,5617E-02	3,8009	3,8365

Tabela 3.248 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 301

Probabilidade	Severidade	Risco
0,02	3,8365	7,6730E-2

3.4.19 - Gerador do Barramento 302, ID 1 ou ID 2

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 1 e 2, têm as mesmas características e a mesma geração (10 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.249 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 302

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,93746	0,00270	0,07301		
308	0,93501	0,00531	0,28180	0,35482	7,4512E-05

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 302 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.250 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.250 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 302

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
10	0,1111	0,1111	0,5001

Tabela 3.251 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 302

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
7,4512E-05	0,5001	0,5001

Tabela 3.252 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 302

Probabilidade	Severidade	Risco
0,1	0,5001	5,0012E-1

3.4.20 - Gerador do Barramento 302, ID 3 ou ID 4

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 3 e 4, têm as mesmas características e a mesma geração (76 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.253 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 302

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
301	0,92152	0,01966	3,86499		
302	0,92004	0,02123	4,50885		
303	0,89641	0,04637	21,50394		
304	0,89479	0,04810	23,13201		
305	0,9133	0,02840	8,06802		
306	0,92716	0,01366	1,86584		
307	0,92599	0,01490	2,22137		
308	0,89095	0,05218	27,22841		
309	0,91058	0,03130	9,79557		
310	0,92767	0,01312	1,72056		
312	0,93956	0,00047	0,00219	103,91174	2,1821E-02

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 302 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.254 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.254 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 302

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
76	0,8446	0,8446	3,8009

Tabela 3.255 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 302

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
2,1821E-02	3,8009	3,8227

Tabela 3.256 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 ou ID 4 do barramento 302

Probabilidade	Severidade	Risco
0,02	3,8227	7,6454E-2

3.4.21 - Gerador do Barramento 307, ID 1 a ID 3

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 1 a ID 3, têm as mesmas características e a mesma geração (80 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.257 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 307

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
302	0,90594	0,03623	13,12906		
303	0,87782	0,06615	43,75682		
304	0,8775	0,06649	44,20835		
305	0,89454	0,04836	23,38854		
306	0,9005	0,04202	17,65788		
307	0,82927	0,11780	138,76339		
308	0,82567	0,12163	147,93288		
309	0,88544	0,05804	33,68938		
310	0,90139	0,04107	16,87112		
311	0,93719	0,00299	0,08936		
312	0,91847	0,02290	5,24605		
324	0,92935	0,01133	1,28364	486,01646	1,0206E-01

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 307 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.258 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.258 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 307

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
80	0,8891	0,8891	4,0009

Tabela 3.259 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 307

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
1,0206E-01	4,0009	4,1111

Tabela 3.260 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 307

Probabilidade	Severidade	Risco
0,04	4,1111	1,6444E-1

3.4.22 - Gerador do Barramento 313, ID 1 a ID 3

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 1 a ID 3, têm as mesmas características e a mesma geração (95 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.261 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 313

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
301	0,93632	0,00391	0,15326		
302	0,93644	0,00379	0,14343		
303	0,90208	0,04034	16,27350		
304	0,90712	0,03498	12,23511		
305	0,92515	0,01580	2,49573		
306	0,93305	0,00739	0,54666		
307	0,92945	0,01122	1,25965		
308	0,89451	0,04839	23,41942		
309	0,91316	0,02855	8,15285		
310	0,93166	0,00887	0,78718		
312	0,93696	0,00323	0,10459	65,57138	1,3770E-02

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 313 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.262 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.262 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 313

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
95	1,0558	1,0558	4,7511

Tabela 3.263 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 313

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
1,3770E-02	4,7511	4,7649

Tabela 3.264 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 3 do barramento 313

Probabilidade	Severidade	Risco
0,05	4,7649	2,3824E-1

3.4.23 - Gerador do Barramento 315, ID 6

Tabela 3.265 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 6 do barramento 315

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
222	1,0605	0,00047	0,00222		
303	0,93368	0,00672	0,45204		
308	0,93063	0,00997	0,99363	1,44789	3,0406E-04

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 6 do barramento 315 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.266 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.266 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 6 do barramento 315

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
155	1,7226	1,7226	7,7518

Tabela 3.267 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 6 do barramento 315

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
3,0406E-04	7,7518	7,7521

Tabela 3.268 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 6 do barramento 315

Probabilidade	Severidade	Risco
0,04	7,7518	3,1008E-1

3.4.24 - Gerador do Barramento 316, ID 1

Tabela 3.269 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 316

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,92329	0,01778	3,16007		
304	0,93368	0,00672	0,45204		
308	0,92228	0,01885	3,55363		
309	0,93809	0,00203	0,04129	7,20703	1,5135E-03

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 316 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.270 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.270 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 316

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
155	1,7226	1,7226	7,7518

Tabela 3.271 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 316

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
1,5135E-03	7,7518	7,7533

Tabela 3.272 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 316

Probabilidade	Severidade	Risco
0,04	7,7533	3,1013E-1

3.4.25 - Gerador do Barramento 318, ID 1

Tabela 3.273 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 318

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
208	0,93705	0,00314	0,09849		
301	0,92659	0,01427	2,03518		
302	0,92696	0,01387	1,92442		
303	0,88216	0,06153	37,86177		
304	0,89818	0,04449	19,79303		
305	0,91644	0,02506	6,28196		
306	0,92565	0,01527	2,33049		
307	0,92208	0,01906	3,63430		
308	0,88693	0,05646	31,87443		
309	0,90539	0,03682	13,55650		
310	0,92515	0,01580	2,49573		
312	0,92857	0,01216	1,47855		
324	0,91596	0,02557	6,54053	129,90537	2,7280E-02

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 318 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.274 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.274 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 318

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
400	4,4455	4,4455	20,0047

Tabela 3.275 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 318

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
2,7280E-02	20,0047	20,0312

Tabela 3.276 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 318

Probabilidade	Severidade	Risco
0,12	20,0312	2,4038

3.4.26 - Gerador do Barramento 321, ID 1

Tabela 3.277 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 321

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
301	0,92272	0,01838	3,37934		
302	0,92299	0,01810	3,27456		
303	0,88109	0,06267	39,27556		
304	0,89411	0,04882	23,83309		
305	0,91198	0,02981	8,88547		
306	0,92067	0,02056	4,22871		
307	0,91749	0,02395	5,73450		
308	0,88219	0,06150	37,82250		
309	0,90144	0,04102	16,82745		
310	0,92026	0,02100	4,41000		
312	0,92492	0,01604	2,57364		
324	0,91815	0,02324	5,40315	155,64797	3,2686E-02

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 321 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.278 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.278 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 do barramento 321

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
400	4,4455	4,4455	20,0047

Tabela 3.279 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 321

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
3,2686E-02	20,0047	20,0374

Tabela 3.280 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 do barramento 321

Probabilidade	Severidade	Risco
0,12	20,0312	2,4045

3.4.27 - Gerador do Barramento 322, ID 1 a ID 6

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 1 a ID 6, têm as mesmas características e a mesma geração (50 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.281 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 322

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
318	1,06277	0,00261	0,06829		
321	1,06337	0,00318	0,10108		
322	1,06534	0,00504	0,25379	0,42315	8,8862E-05

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 322 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.282 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.282 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 322

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
50	0,5557	0,5557	2,5006

Tabela 3.283 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 322

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
8,8862E-05	2,5006	2,5006

Tabela 3.284 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 a ID 6 do barramento 322

Probabilidade	Severidade	Risco
0,01	2,5006	2,5006E-2

3.4.28 - Gerador do Barramento 323, ID 1 ou ID 2

Como os geradores deste barramento, com a identificação de ID 1 ou ID 2, têm as mesmas características e a mesma geração (155 MW) as consequências, para a rede teste, são as mesmas logo o cálculo do risco é apresentado na mesma alínea.

Tabela 3.285 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 323

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
303	0,92489	0,01607	2,58389		
304	0,93419	0,00618	0,38203		
308	0,92277	0,01833	3,35981		
309	0,93854	0,00155	0,02412	6,34985	1,3335E-03

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 323 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.286 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.286 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 323

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
155	1,7226	1,7226	7,7518

Tabela 3.287 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 323

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
1,3335E-03	7,7518	7,7531

Tabela 3.288 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 1 ou ID 2 do barramento 323

Probabilidade	Severidade	Risco
0,04	7,7531	3,1013E-1

3.4.29 - Gerador do Barramento 323, ID 3

Tabela 3.289 - Lista de barramentos onde ocorre violação de tensão após simulação de saída do gerador ID 3 do barramento 323

Barramento	PU Volt	Severidade			
				Total	Total x peso
301	0,92312	0,01796	3,22470		
302	0,92337	0,01769	3,12989		
303	0,88452	0,05902	34,83511		
304	0,89499	0,04788	22,92780		
305	0,91328	0,02843	8,08011		
306	0,92134	0,01985	3,94065		
307	0,91845	0,02293	5,25580		
308	0,88319	0,06044	36,52531		
309	0,90225	0,04016	16,12791		
310	0,92141	0,01978	3,91114		
312	0,92676	0,01409	1,98390		
324	0,92428	0,01672	2,79672	142,73903	2,9975E-02

Na simulação de saída de serviço do gerador ID 3 do barramento 323 verificou-se a violação de tensão em vários barramentos, e apenas a perda de geração do próprio gerador simulado. Na tabela 3.290 encontra-se a severidade para a perda de geração.

Tabela 3.290 - Lista de barramentos em que ocorre perda de geração após simulação de saída do gerador ID 3 do barramento 323

Perda de Geração (MW)	Severidade		
		Total	Total x peso
350	3,8898	3,8898	17,5041

Tabela 3.291 - Cálculo da severidade total associado à saída de serviço do gerador ID 3 do barramento 323

Violação de tensão	Perda de Geração	Total
2,9975E-02	17,5041	17,5341

Tabela 3.292 - Cálculo do risco associado à saída de serviço do gerador ID 3 do barramento 323

Probabilidade	Severidade	Risco
0,08	17,5058	1,4027

3.5- Conclusão

Neste capítulo realizaram-se cerca de 106 simulações de saídas de componentes do sistema, para determinar o risco associado. Numa primeira fase simulou-se a saída de serviço de uma linha ou transformador, numa segunda fase a saída simultânea de várias linhas e/ou transformadores e numa terceira fase realizou-se a simulação de saída de serviço de um gerador. Pretendeu-se assim estudar a severidade que ocorre na rede após simulação da ocorrência deste incidente e, por fim, calcular o risco associado.

Nas tabelas 3.293 e 3.294 estão indicadas as linhas e os geradores com maior índice de risco associado para o sistema teste estudado.

Tabela 3.293 - Lista de linhas e transformadores com maior índice de risco

Linha ou transformador	Risco
C11	4,5641
B11	4,5346
A11	2,0357E-03
B26	1,0933E-03
C22	8,2508E-04
A26	4,7596E-04
C21	3,0814E-04

Tabela 3.294 - Lista de geradores com maior índice de risco

Gerador	Barramento	Risco
ID 3	202	3,8041
ID 4	202	3,8041
ID 1	321	2,4045
ID 1	318	2,4038
ID 1	108	2,4007
ID 1	218	2,4007
ID 1	121	2,4006

Teria sido interessante calcular o risco global para o sistema e determinar quais as contingências de ordem superior à primeira com elevado risco.

Capítulo 4

Conclusões

4.1- Conclusões Gerais

Esta dissertação teve, como já foi referido anteriormente, como objetivo o cálculo do risco de um SEE. Foram determinados os índices de severidade mais relevantes (violação de corrente, violação de tensão, perda de geração e perda de carga) e o seu fator de peso associado, estes índices foram mencionados e explicados no Capítulo 2.

Depois de escolhidos os índices para o cálculo do risco associado a um SEE, foi necessário escolher uma rede teste para efetuar as simulações de serviço de saída dos componentes. Utilizou-se uma rede teste [7], com três zonas iguais, como se descreve em Anexo. Os dados das linhas e transformadores da rede teste encontram-se no sistema por unidade (pu), tendo sido necessário calcular a probabilidade de ocorrer uma avaria através da taxa de ocorrência de avaria e do tempo de restabelecimento do funcionamento normal das linhas ou transformadores, dados também fornecidos da rede teste.

No Capítulo 3 foi apresentado, e feita uma análise das consequências de saída de serviço de linhas e/ou transformadores e de geradores. Numa primeira fase as simulações consistiram na saída de serviço de apenas uma linha ou transformador de cada vez, foram verificados as severidades e, posteriormente, o cálculo do risco associado a essa simulação. Numa segunda fase foram efetuadas simulações de saída de serviço de várias linhas e/ou transformadores em simultâneo, pois na primeira fase não se tinha verificado duas das severidades, violação de corrente e criação de ilhas elétricas. Numa terceira fase realizaram-se simulações da saída de serviço de apenas um gerador de cada vez.

Através dos dados obtidos verifica-se que a severidade mais comum associada a uma saída de serviço de linhas ou transformadores é a violação de tensão nos barramentos. Neste aspeto o melhor teria sido alargar o intervalo de tensão máxima e mínima, pois o facto de estipular os valores muito próximos dos valores de funcionamento normal da rede, resultou em violação de tensão muitas vezes nos barramentos 108, 208, 303 e 308.

Em relação à severidade violação de corrente, esta só se verificou quando se efetuou a simulação de várias linhas ou transformadores ao mesmo tempo, o que leva a concluir que a rede teste está preparada para a saída de serviço de linhas ou transformadores individualmente sem que as que continuem em serviço fiquem em sobrecarga.

Nas severidades de perda de geração ou perda de carga apenas foi verificado na primeira fase nos barramentos 207 e 307, pois estes barramentos são apenas ligados ao resto da rede através de uma linha, B11 e C11, respetivamente. Verificou-se que quando ocorre perda de geração ou perda de carga o risco é muito grande em relação a simulações em que ocorra apenas violação de tensão, neste caso falamos do índice de risco associado na ordem das centenas enquanto na violação de tensão o índice de risco associado na ordem de expoente -3 ou menor.

Também foi testado a severidade de criação de ilhas elétricas, em que foram consideradas estáveis, pois a sua geração encontra-se dentro dos critérios de estabilidade considerados, tendo mesmo numa das situações o risco ter sido nulo, pois não houve registo de nenhuma outra severidade.

4.2- Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros sobre o estudo do risco de um SEE poderá considerar a saída de serviço de geradores em simultâneo com saídas de serviço de linhas e transformadores assim como alterar a geração e alterar cargas de consumos nos barramentos.

Devem também ser analisadas as contingências de ordem superior à primeira, e definido um método para a seleção das contingências que originam um maior risco para o sistema.

Será também interessante calcular um índice de risco global para o sistema.

Referências

- [1] Li, W., "Risk Assessment of Power Systems Models, Methods, and Applications", IEEE Press Series on Power Engineering. New York: IEEE Press, 2005.
- [2] Machado, Nélcio Paulo Carvalho, "Automatização da Metodologia para Análise de Risco na Rede Nacional de Transporte", Dissertação de Mestrado, FEUP, 2011.
- [3] Chen, Li-jie; Jing Li; and Jing Cai, "Research of Risk-based Security Assessment of Power System", IEEE, 2011.
- [4] Lobo, J.; Almeida, S., "A base de Dados de Incidentes GESTINC - Motivações, Conteúdo, Gestão e Cálculo Automático de Indicadores - Futuros Desenvolvimentos," in XI ERIAC, Paraguai, 2005.
- [5] Ni, Ming; McCalley, James; Vittal, Vijay; Tayyib, Tayyib, "Online Risk-Based Security Assessment", IEEE, Feb, 2003.
- [6] Bi, Tianshu; Qin, Xiaohui; He, Renmu; Yang, Qixun, "Risk Theory based On-line Power System Security Assessment", IEEE, 6-9 April, 2008.
- [7] "The IEEE Reliability Test System", IEEE Transactions on Power System, Vol.14, No.3, August, 1999.
- [8] "Dados técnicos 2012", Centro de Informação da Redes Energéticas Nacionais (REN) (<http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/InformacaoTecnica/Paginas/DadosTecnicos.aspx>).
- [9] Barbosa, F. Maciel, "Introdução à Fiabilidade de Sistemas Elétricos de Energia", Apontamentos para a unidade curricular de Redes de Transporte e Distribuição, MIEEC, FEUP, 2012.
- [10] Barbosa, F. Maciel, "Análise da Fiabilidade da Rede Elétrica", Apontamentos para a unidade curricular de Redes de Transporte e Distribuição, MIEEC, FEUP, 2012.
- [11] Almeida, Susana Alexandra Barros de, "Análise de grandes perturbações na Rede Elétrica Nacional", Dissertação de Mestrado, FEUP, 2005.
- [12] Monteiro, Luís Filipe Rosário Seren Gouveia, "Análise estatística das variáveis que influenciam a severidade dos incidentes na Rede de Transporte", Dissertação de Mestrado, FEUP, 2009.
- [13] Chow, M.; Taylor, L. S.; Chow, M., "Time of outages restoration analysis in Distribution systems", IEEE Trans. Power Delivery, vol. ED-11, pp. 1652-1658, Jul. 1996.
- [14] McCalley, J. D.; Vittal, V.; Abi-Samra, N., "Use of probabilist Risk in Security Assessment: A Natural Evolution", CIGRE Session 2000, Paris, France, August, 2000.

- [15] Li, W.; Zhou, J., "Probabilistic Reliability Assessment of Power System Operations, in Electric Power Components and Systems", pp. 1102-1114, 2008.
- [16] Costa, André Filipe Magalhães, "Índices de Estabilidade de Tensão num Sistema Elétrico de Energia", Dissertação de Mestrado, FEUP, 2008.
- [17] Wang, Dongtao; Yu, Yixin, "Dynamic Security Risk Assessment and Optimization of Power Transmission System", IEEE, 25-29 May, 2008.
- [18] Fu, Weihui; McCalley, James D.; Vittal, Vijay, "Risk Assessment for Transformer Loading", IEEE Transaction on Power System, Vol. 16, No. 3, pp. 346-353, August, 2001.
- [19] Dahlgren, Robert; Liu, Cheng-Ching; Lawarrée, Jacques, "Risk Assessment in Energy Trading", IEEE Transaction on Power System, Vol. 18, No. 2, pp. 503-511, May, 2003.
- [20] Hu, Huan; Du, Xiaoshi; Xu, Chen; Zhao, Feng; Bo, Zhiqian, "Risk Assessment of Cascading Failure in Power Systems Based on Uncertainty Theory", IEEE, 24-29 July, 2011.
- [21] Pineda, S.; Conejo, A.J., "Scenario Reduction for Risk-Adverse Electricity Trading", The Institute of Engineering and Technology, July, 2009.
- [22] Jing, Li; Li-jie, Chen; Ya-di, Luo; Jun, Zhao; Ning, Ma, "Power System On-line Risk Assessment and Decision Support Based on Weighting Fault Possibility Model", International Conference on Transportation, Mechanical and Electric Engineering (TMEE), Changchun, China, 16-18 December, 2011.
- [23] Feng, Yan; Ming, Dai; Yan-jun, Wei, "Research on Risk Evaluation of Power Network Planning Project Based on BP Neural Network, 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 2010.
- [24] Liu, Nian; Zhang, Jianhua; Wu, Xu, "Asset Analysis of Risk Assessment for IEC 61850-Based Power Control System - Part I: Methodology, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.26, No.2, April, 2011.
- [25] Zhang, Jinhui; Tian, Chengfang; Fang, Wei; Zhang, Nannan, "Assessment on Operational Risk in Power Grid Enterprises Based on Variable Weight Fuzzy Evaluation", International Conference on Energy and Environment Technology, 2009.
- [26] Liu, Ruoxi; Zhang, Jianhua; Qiu, Wei; Su, Ling; Guo, Zhimin; Wang, Guodong, "Research on Online Static Risk Assessment for Urban Power System", Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 28-31 March, 2010.

Anexo A

Descrição da rede teste

Para a análise do risco de um SEE foi utilizado uma rede teste [7] com 72 barramentos, 104 linhas de transmissão, 16 transformadores, 66 geradores e 51 cargas.

A rede teste é dividida em três zonas iguais, A, B e C. A zona A é a zona dos barramentos 101 a 124, a zona B é a zona dos barramentos 201 e 224, enquanto a zona C é a zona dos barramentos 301 a 325.

A ligação entre as zonas A e B é efetuada através de três linhas. Uma linha de 51 milhas (230 kV) que faz ligação entre o barramento 123 e o barramento 217, uma linha de 52 milhas (230 kV) que faz a ligação entre o barramento 113 e o barramento 215 e uma linha de 42 milhas (138 kV) que faz a ligação entre o barramento 108 e o barramento 203.

A ligação entre as zonas A e B com a zona C é efetuada através de duas linhas. Uma linha de 72 milhas (230 kV) que faz ligação entre o barramento 223 e o barramento 318 e uma linha de 67 milhas (230 kV) que faz a ligação entre o barramento 121 e o barramento 325.

Nas figuras A.1 a A.3 encontram-se os esquemas da rede teste.

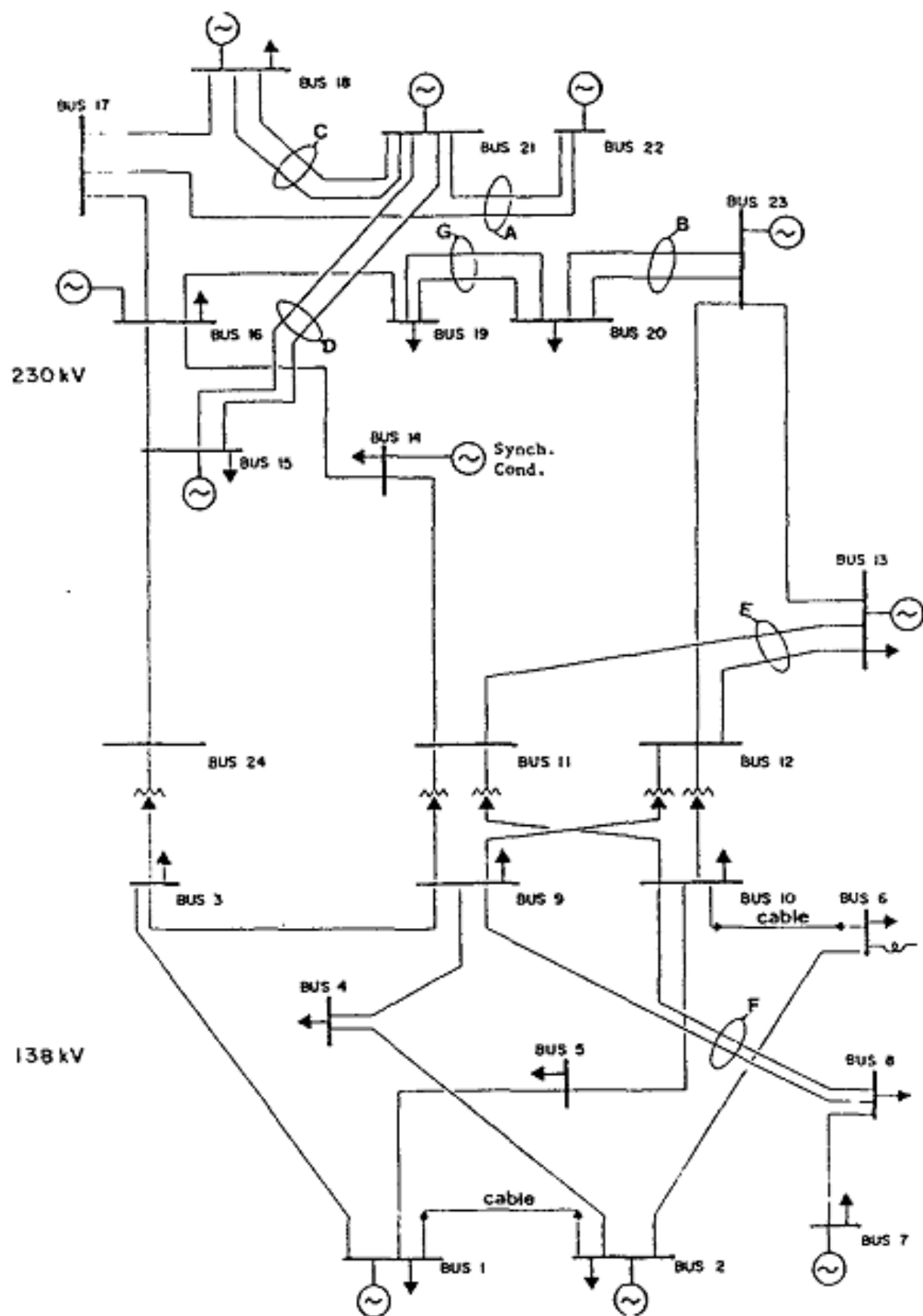


Figura A.1 - Esquema da Zona A da rede teste (fonte [7])

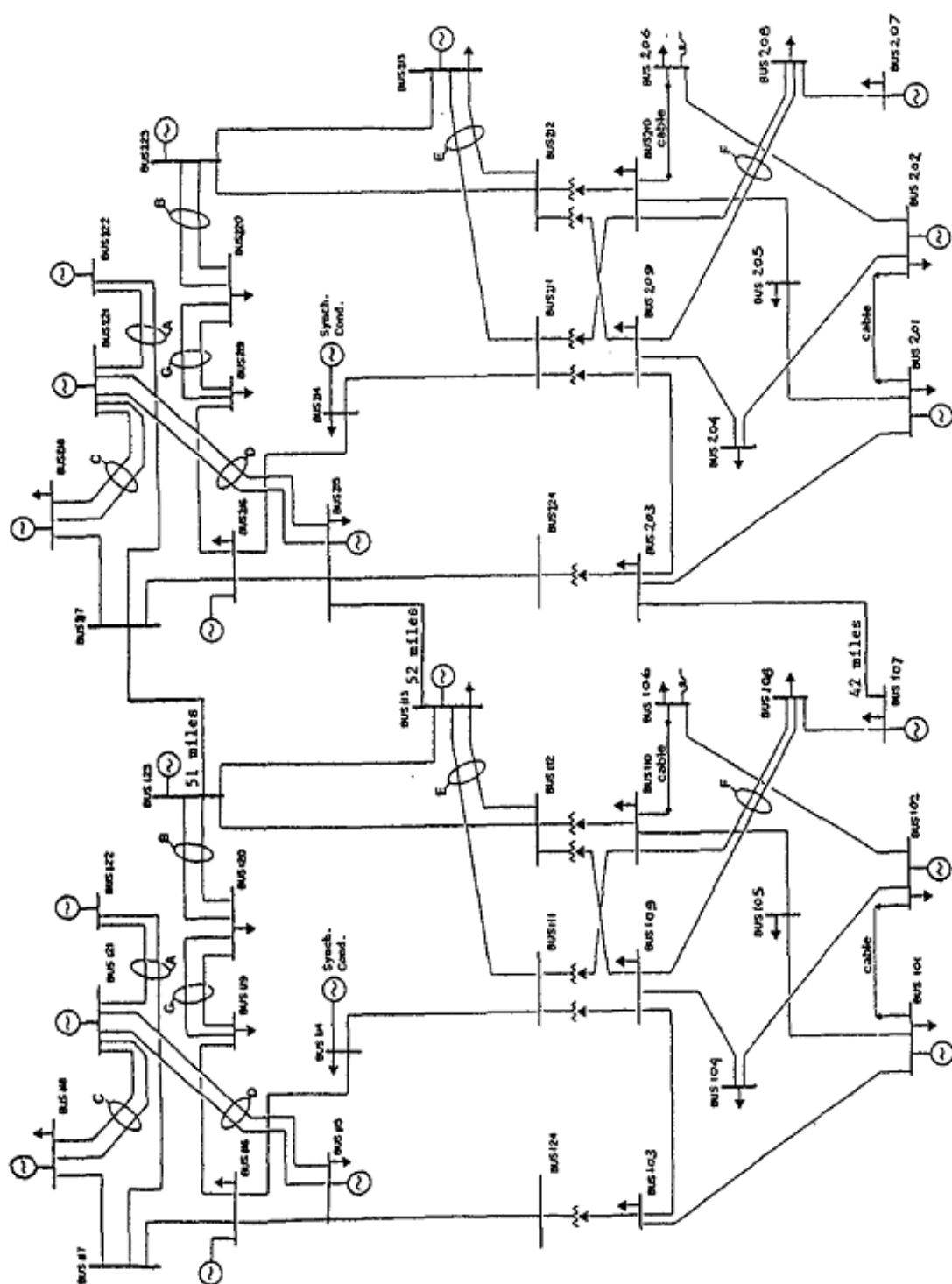


Figura A.2 - Esquema da Zona A e B da rede teste (fonte [7])

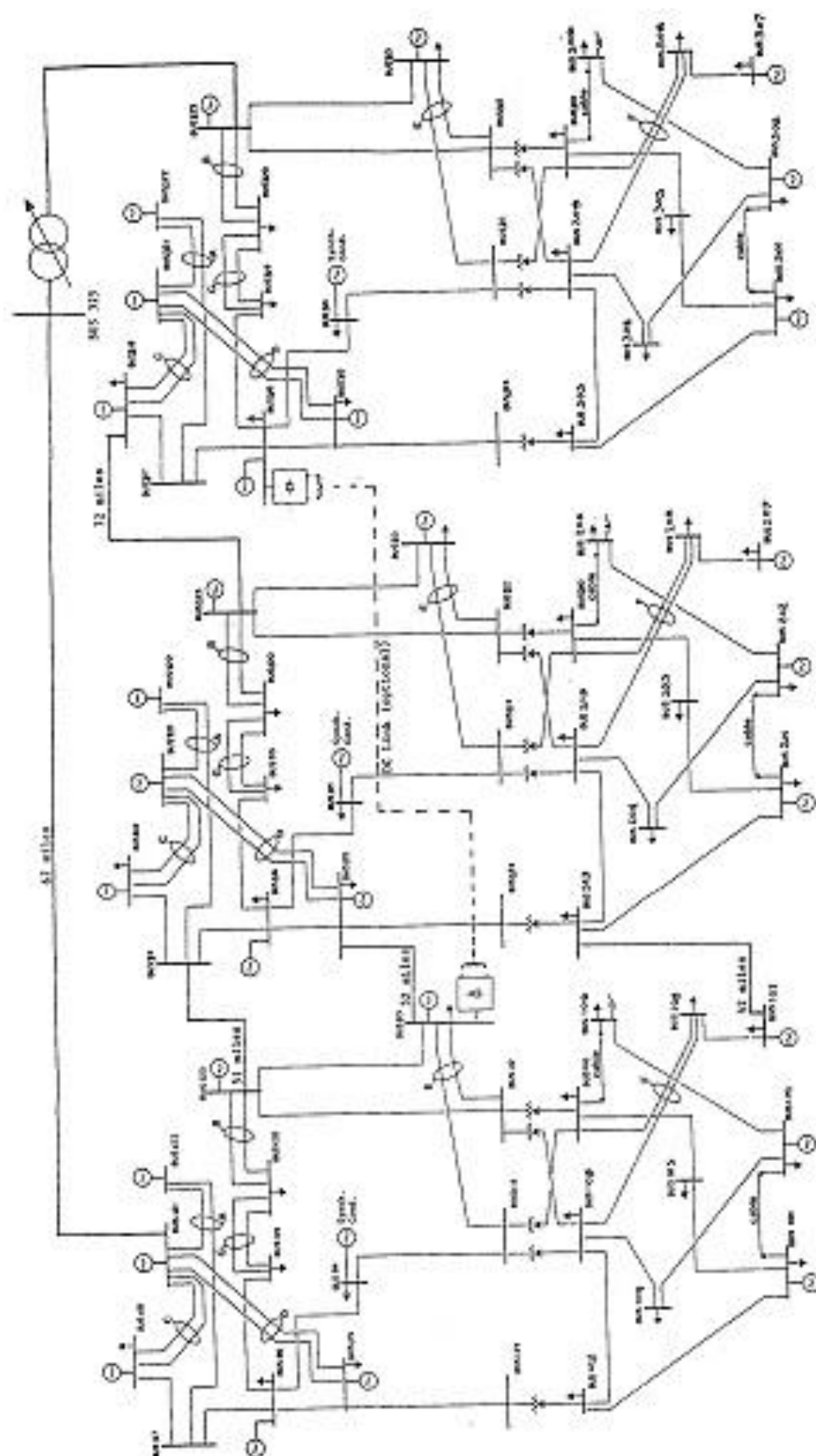


Figura A.3 - Esquema da rede teste (fonte [7])

As características de todos os componentes da rede encontram-se nas tabelas A.1 a A.3.

Tabela A.1 - Lista de barramentos, a sua potência base e carga consumida

Barramento	Carga (MW)	Carga (MVAR)	Base (kV)	Barramento	Carga (MW)	Carga (MVAR)	Base (kV)
101	108	22	138	214	194	39	230
102	97	20	138	215	317	64	230
103	180	37	138	216	100	20	230
104	74	15	138	217	0	0	230
105	71	14	138	218	333	68	230
106	136	28	138	219	181	37	230
107	125	25	138	220	128	26	230
108	171	35	138	221	0	0	230
109	175	36	138	222	0	0	230
110	195	40	138	223	0	0	230
111	0	0	230	224	0	0	230
112	0	0	230	301	108	22	138
113	265	54	230	302	97	20	138
114	194	39	230	303	180	37	138
115	317	64	230	304	74	15	138
116	100	20	230	305	71	14	138
117	0	0	230	306	136	28	138
118	333	68	230	307	125	25	138
119	181	37	230	308	171	35	138
120	128	26	230	309	175	36	138
121	0	0	230	310	195	40	138
122	0	0	230	311	0	0	230
123	0	0	230	312	0	0	230
124	0	0	230	313	265	54	230
201	108	22	138	314	194	39	230
202	97	20	138	315	317	64	230
203	180	37	138	316	100	20	230
204	74	15	138	317	0	0	230
205	71	14	138	318	333	68	230
206	136	28	138	319	181	37	230
207	125	25	138	320	128	26	230
208	171	35	138	321	0	0	230
209	175	36	138	322	0	0	230
210	195	40	138	323	0	0	230
211	0	0	230	324	0	0	230
212	0	0	230	325	0	0	230
213	265	54	230				

Tabela A.2 - Lista de geradores por barramento

Barramento	ID	Capacidade (MW)	Qmáximo (MVAR)	Qmínimo (MVAR)	Geração (MW)	Probabilidade de ocorrência de avaria
101	1	20	10	0	10	0,1
101	2	20	10	0	10	0,1
101	3	76	30	-25	76	0,02
101	4	76	30	-25	76	0,02
102	1	20	10	0	10	0,1
102	2	20	10	0	10	0,1
102	3	76	30	-25	76	0,02
102	4	76	30	-25	76	0,02
107	1	100	60	0	75	0,04
107	2	100	60	0	75	0,04
107	3	100	60	0	75	0,04
113	1	197	80	0	10,26	0,05
113	2	197	80	0	10,26	0,05
113	3	197	80	0	10,26	0,05
114	1	Sync Cond	200	-50	0	-
115	1	12	6	0	12	0,02
115	2	12	6	0	12	0,02
115	3	12	6	0	12	0,02
115	4	12	6	0	12	0,02
115	5	12	6	0	12	0,02
115	6	155	80	-50	155	0,04
116	1	155	80	-50	155	0,04
118	1	400	200	-50	400	0,12
121	1	400	200	-50	400	0,12
122	1	50	16	-10	50	0,01
122	2	50	16	-10	50	0,01
122	3	50	16	-10	50	0,01
122	4	50	16	-10	50	0,01
122	5	50	16	-10	50	0,01
122	6	50	16	-10	50	0,01
123	1	155	80	-50	155	0,04
123	2	155	80	-50	155	0,04
123	3	350	150	-25	350	0,08
201	1	20	10	0	10	0,1
201	2	20	10	0	10	0,1
201	3	76	30	-25	76	0,02
201	4	76	30	-25	76	0,02
202	1	20	10	0	10	0,1
202	2	20	10	0	10	0,1
202	3	76	30	-25	76	0,02
202	4	76	30	-25	76	0,02
207	1	100	60	0	75	0,04

Descrição da rede teste 123

Barramento	ID	Capacidade (MW)	Qmáximo (MVAR)	Qmínimo (MVAR)	Geração (MW)	Probabilidade de ocorrência de avaria
207	2	100	60	0	75	0,04
207	3	100	60	0	75	0,04
213	1	197	80	0	95	0,05
213	2	197	80	0	95	0,05
213	3	197	80	0	95	0,05
214	1	Sync Cond	200	-50	0	-
215	1	12	6	0	12	0,02
215	2	12	6	0	12	0,02
215	3	12	6	0	12	0,02
215	4	12	6	0	12	0,02
215	5	12	6	0	12	0,02
215	6	155	80	-50	155	0,04
216	1	155	80	-50	155	0,04
218	1	400	200	-50	400	0,12
221	1	400	200	-50	400	0,12
222	1	50	16	-10	50	0,01
222	2	50	16	-10	50	0,01
222	3	50	16	-10	50	0,01
222	4	50	16	-10	50	0,01
222	5	50	16	-10	50	0,01
222	6	50	16	-10	50	0,01
223	1	155	80	-50	155	0,04
223	2	155	80	-50	155	0,04
223	3	350	150	-25	350	0,08
301	1	20	10	0	10	0,1
301	2	20	10	0	10	0,1
301	3	76	30	-25	76	0,02
301	4	76	30	-25	76	0,02
302	1	20	10	0	10	0,1
302	2	20	10	0	10	0,1
302	3	76	30	-25	76	0,02
302	4	76	30	-25	76	0,02
307	1	100	60	0	80	0,04
307	2	100	60	0	80	0,04
307	3	100	60	0	80	0,04
313	1	197	80	0	95	0,05
313	2	197	80	0	95	0,05
313	3	197	80	0	95	0,05
314	1	Sync Cond	200	-50	0	-
315	1	12	6	0	12	0,02
315	2	12	6	0	12	0,02
315	3	12	6	0	12	0,02

Barramento	ID	Capacidade (MW)	Qmax (MVAR)	Qmín (MVAR)	Geração (MW)	Probabilidade de ocorrência de avaria
315	4	12	6	0	12	0,02
315	5	12	6	0	12	0,02
315	6	155	80	-50	155	0,04
316	1	155	80	-50	155	0,04
318	1	400	200	-50	400	0,12
321	1	400	200	-50	400	0,12
322	1	50	16	-10	50	0,01
322	2	50	16	-10	50	0,01
322	3	50	16	-10	50	0,01
322	4	50	16	-10	50	0,01
322	5	50	16	-10	50	0,01
322	6	50	16	-10	50	0,01
323	1	155	80	-50	155	0,04
323	2	155	80	-50	155	0,04
323	3	350	150	-25	350	0,08

Tabela A.3 - Características de linhas e transformadores

ID	De	Para	Distância (milhas)	Ocorrências de avarias por ano	Duração (horas)	X (pu)	R (pu)	B (pu)	Limite (MVA)
A1	101	102	3	0,24	16	0,003	0,014	0,461	175
A2	101	103	55	0,51	10	0,055	0,211	0,057	175
A3	101	105	22	0,33	10	0,022	0,085	0,023	175
A4	102	104	33	0,39	10	0,033	0,127	0,034	175
A5	102	106	50	0,48	10	0,050	0,192	0,052	175
A6	103	109	31	0,38	10	0,031	0,119	0,032	175
A7	103	124	0	0,02	768	0,002	0,084	0,000	400
A8	104	109	27	0,36	10	0,027	0,104	0,028	175
A9	105	110	23	0,34	10	0,023	0,088	0,024	175
A10	106	110	8	0,33	35	0,007	0,061	1,230	175
A11	107	108	16	0,30	10	0,016	0,061	0,017	175
AB1	107	203	42	0,44	10	0,042	0,161	0,044	175
A12-1	108	109	43	0,44	10	0,043	0,165	0,045	175
A13-2	108	110	43	0,44	10	0,043	0,165	0,045	175
A14	109	111	0	0,02	768	0,002	0,084	0,000	400
A15	109	112	0	0,02	768	0,002	0,084	0,000	400
A16	110	111	0	0,02	768	0,002	0,084	0,000	400
A17	110	112	0	0,02	768	0,002	0,084	0,000	400
A18	111	113	33	0,40	11	0,006	0,048	0,100	500
A19	111	114	29	0,39	11	0,005	0,042	0,088	500
A20	112	113	33	0,40	11	0,006	0,048	0,100	500
A21	112	123	67	0,52	11	0,012	0,097	0,203	500
A22	113	123	60	0,49	11	0,011	0,087	0,182	500
AB2	113	215	52	0,47	11	0,010	0,075	0,158	500
A23	114	116	27	0,38	11	0,005	0,059	0,082	500
A24	115	116	12	0,33	11	0,002	0,017	0,036	500
A25-1	115	121	34	0,41	11	0,006	0,049	0,103	500
A25-2	115	121	34	0,41	11	0,006	0,049	0,103	500
A26	115	124	36	0,41	11	0,007	0,052	0,109	500
A27	116	117	18	0,35	11	0,003	0,026	0,055	500
A28	116	119	16	0,34	11	0,003	0,023	0,049	500
A29	117	118	10	0,32	11	0,002	0,014	0,030	500
A30	117	122	73	0,54	11	0,014	0,105	0,221	500
A31-1	118	121	18	0,35	11	0,003	0,026	0,055	500
A31-2	118	121	18	0,35	11	0,003	0,026	0,055	500
A32-1	119	120	27,5	0,38	11	0,005	0,040	0,083	500
A32-2	119	120	27,5	0,38	11	0,005	0,040	0,083	500
A33-1	120	123	15	0,34	11	0,003	0,022	0,046	500
A33-2	120	123	15	0,34	11	0,003	0,022	0,046	500
A34	121	122	47	0,45	11	0,009	0,068	0,142	500
AB3	123	217	51	0,46	11	0,010	0,074	0,155	500

ID	De	Para	Distância (milhas)	Ocorrências de avarias por ano	Duração (horas)	X (pu)	R (pu)	B (pu)	Limite (MVA)
B1	201	202	3	0,24	16	0,003	0,014	0,461	175
B2	201	203	55	0,51	10	0,055	0,211	0,057	175
B3	201	205	22	0,33	10	0,022	0,085	0,023	175
B4	202	204	33	0,39	10	0,033	0,127	0,034	175
B5	202	206	50	0,48	10	0,050	0,192	0,052	175
B6	203	209	31	0,38	10	0,031	0,119	0,032	175
B7	203	224	0	0,02	768	0,002	0,084	0,000	400
B8	204	209	27	0,36	10	0,027	0,104	0,028	175
B9	205	210	23	0,34	10	0,023	0,088	0,024	175
B10	206	210	8	0,33	35	0,007	0,061	1,230	175
B11	207	208	16	0,30	10	0,016	0,061	0,017	175
B12-1	208	209	43	0,44	10	0,043	0,165	0,045	175
B13-2	208	210	43	0,44	10	0,043	0,165	0,045	175
B14	209	211	0	0,02	768	0,002	0,084	0,000	400
B15	209	212	0	0,02	768	0,002	0,084	0,000	400
B16	210	211	0	0,02	768	0,002	0,084	0,000	400
B17	210	212	0	0,02	768	0,002	0,084	0,000	400
B18	211	213	33	0,40	11	0,006	0,048	0,100	500
B19	211	214	29	0,39	11	0,005	0,042	0,088	500
B20	212	213	33	0,40	11	0,006	0,048	0,100	500
B21	212	223	67	0,52	11	0,012	0,097	0,203	500
B22	213	223	60	0,49	11	0,011	0,087	0,182	500
B23	214	216	27	0,38	11	0,005	0,059	0,082	500
B24	215	216	12	0,33	11	0,002	0,017	0,036	500
B25-1	215	221	34	0,41	11	0,006	0,049	0,103	500
B25-2	215	221	34	0,41	11	0,006	0,049	0,103	500
B26	215	224	36	0,41	11	0,007	0,052	0,109	500
B27	216	217	18	0,35	11	0,003	0,026	0,055	500
B28	216	219	16	0,34	11	0,003	0,023	0,049	500
B29	217	218	10	0,32	11	0,002	0,014	0,030	500
B30	217	222	73	0,54	11	0,014	0,105	0,221	500
B31-1	218	221	18	0,35	11	0,003	0,026	0,055	500
B31-2	218	221	18	0,35	11	0,003	0,026	0,055	500
B32-1	219	220	27,5	0,38	11	0,005	0,040	0,083	500
B32-2	219	220	27,5	0,38	11	0,005	0,040	0,083	500
B33-1	220	223	15	0,34	11	0,003	0,022	0,046	500
B33-2	220	223	15	0,34	11	0,003	0,022	0,046	500
B34	221	222	47	0,45	11	0,009	0,068	0,142	500
C1	301	302	3	0,24	16	0,003	0,014	0,461	175
C2	301	303	55	0,51	10	0,055	0,211	0,057	175
C3	301	305	22	0,33	10	0,022	0,085	0,023	175
C4	302	304	33	0,39	10	0,033	0,127	0,034	175
C5	302	306	50	0,48	10	0,050	0,192	0,052	175

ID	De	Para	Distância (milhas)	Ocorrências de avarias por ano	Duração (horas)	X (pu)	R (pu)	B (pu)	Limite (MVA)
C6	303	309	31	0,38	10	0,031	0,119	0,032	175
C7	303	324	0	0,02	768	0,002	0,084	0,000	400
C8	304	309	27	0,36	10	0,027	0,104	0,028	175
C9	305	310	23	0,34	10	0,023	0,088	0,024	175
C10	306	310	8	0,33	35	0,007	0,061	1,230	175
C11	307	308	16	0,30	10	0,016	0,061	0,017	175
C12	308	309	43	0,44	10	0,043	0,165	0,045	175
C13	308	310	43	0,44	10	0,043	0,165	0,045	175
C14	309	311	0	0,02	768	0,002	0,084	0,000	400
C15	309	312	0	0,02	768	0,002	0,084	0,000	400
C16	310	311	0	0,02	768	0,002	0,084	0,000	400
C17	310	312	0	0,02	768	0,002	0,084	0,000	400
C18	311	313	33	0,40	11	0,006	0,048	0,100	500
C19	311	314	29	0,39	11	0,005	0,042	0,088	500
C20	312	313	33	0,40	11	0,006	0,048	0,100	500
C21	312	323	67	0,52	11	0,012	0,097	0,203	500
C22	313	323	60	0,49	11	0,011	0,087	0,182	500
C23	314	316	27	0,38	11	0,005	0,059	0,082	500
C24	315	316	12	0,33	11	0,002	0,017	0,036	500
C25-1	315	321	34	0,41	11	0,006	0,049	0,103	500
C25-2	315	321	34	0,41	11	0,006	0,049	0,103	500
C26	315	324	36	0,41	11	0,007	0,052	0,109	500
C27	316	317	18	0,35	11	0,003	0,026	0,055	500
C28	316	319	16	0,34	11	0,003	0,023	0,049	500
C29	317	318	10	0,32	11	0,002	0,014	0,030	500
C30	317	322	73	0,54	11	0,014	0,105	0,221	500
C31-1	318	321	18	0,35	11	0,003	0,026	0,055	500
C31-2	318	321	18	0,35	11	0,003	0,026	0,055	500
C32-1	319	320	27,5	0,38	11	0,005	0,040	0,083	500
C32-2	319	320	27,5	0,38	11	0,005	0,040	0,083	500
C33-1	320	323	15	0,34	11	0,003	0,022	0,046	500
C33-2	320	323	15	0,34	11	0,003	0,022	0,046	500
C34	321	322	47	0,45	11	0,009	0,068	0,142	500
CA-1	325	121	67	0,52	11	0,012	0,097	0,203	500
CB-1	318	223	72	0,53	11	0,013	0,104	0,218	500
C35	323	325	0	0,02	768	0,000	0,009	0,000	722