**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**
**CENTRO TECNOLÓGICO**
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**
**PROJETO DE GRADUAÇÃO**

MARLON MORO MACHADO

# PROTEÇÃO CONTRA ARCO ELÉTRICO: UMA ANÁLISE DE SEGURANÇA NO SETOR DE SIDERURGIA

VITÓRIA – ES
JUNHO/2018

MARLON MORO MACHADO

# PROTEÇÃO CONTRA ARCO ELÉTRICO: UMA ANÁLISE DE SEGURANÇA NO SETOR DE SIDERURGIA

Parte manuscrita de Projeto de Graduação do aluno Marlon Moro Machado, apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof D. Sc. Oureste Elias Batista

VITÓRIA – ES
JUNHO/2018

MARLON MORO MACHADO

# PROTEÇÃO CONTRA ARCO ELÉTRICO: UMA ANÁLISE DE SEGURANÇA NO SETOR DE SIDERURGIA

Parte manuscrita de Projeto de Graduação do aluno Marlon Moro Machado, apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof D. Sc. Oureste Elias Batista

BANCA EXAMINADORA

_____
Prof. D. Sc. Oureste Elias Batista
Orientador

_____
Prof. D.Sc. Walbermark Marques dos Santos
Membro

_____
Bel. Luiz Guilherme Riva Tonini
Membro

VITÓRIA – ES
JUNHO/2018

Dedico este trabalho a minha família, que sempre me apoiou em minhas decisões e me deu incentivos para continuar.

## RESUMO

Este trabalho tem como proposta o estudo da relação entre a velocidade de extinção de um arco elétrico e a energia incidente gerada por ele nas principais subestações de uma empresa siderúrgica de grande porte, que possa atingir um equipamento ou um ser humano e as suas implicações. A implementação, e objetivo deste trabalho, é justamente o estudo em que se irá levantar a correlação entre tempo de duração do arco elétrico e a sua energia incidente, bem como as consequências que a não-diminuição do tempo de extinção do arco pode levar, seus danos em relação à vida humana e aos bens materiais. O desenvolvimento se dará através da comparação de modelos de proteção com diferentes abordagens para extinção de arco elétrico e, consequentemente, diferentes tempos de atuação. Para isso, um estudo dedicado sobre proteção contra arcos será feito, assim como o estudo de tecnologias disponíveis e seus modos de atuação, levantamento da tensão, corrente, bem como tempo de extinção do arco para o cálculo da energia incidente utilizando plataforma de simulação. Oferecendo, deste modo, um comparativo entre situações extremas partindo de um tempo mínimo devido a uma proteção otimizada, até o tempo de extinção utilizando o equipamento disponível atualmente na empresa. O estudo objetiva também determinar o que essa diferença significaria em termos de conservação de materiais ou, por exemplo, de danos físicos ao trabalhador, bem como os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) necessários para cada tipo de atividade nas quais haja risco de um arco ocorrer.



**Palavras Chaves:** Arco elétrico, Proteção, Siderurgia, Power Tools for Windows, Energia incidente.

## ABSTRACT

This work proposes the study of the relation between the arc flash clearing time and its released incident energy on the main substations of a large steel company, that is likely to reach an equipment or a human being, and its implications. The objective of this work is to study the correlation between the arc flash duration time and its incident energy, as well as the consequences that non-reduction of arc flash clearing time can result, its damages regarding the human life and the material goods. The development will proceed by comparing protection models with different approaches concerning arc flash clearing time, and so distinct trip times. For this purpose, a focused study about arc flash protection will be held, as well as the available technology today and its working modes, collecting data of voltage, current, arc flash clearing time, that will be used in the calculation of incident energy with software aid. Thus offering a comparative between extreme situations, from a minimum clearing time due an optimized protection, to the clearing time of the already installed equipment in the company. The study also aims to determine what this difference would mean in terms of material conservation, or employee‘s injury, as well the Personal Protective Equipment (PPE) and Collective Protective Equipment (CPE) required for each type of activity in which there is an arc flash hazard.

**Keywords:** Arc flash, Protection, Steel industry, Power Tools for Windows, Incident energy.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Delimitações radiais ao ar ..... 15
Figura 2 – Delimitações radiais ao ar com interposição de superfície de separação física ..... 16
Figura 3 - O Arco Elétrico ..... 25
Figura 4 - As Fronteiras do Arco Elétrico ..... 27
Figura 5 - Regra dos Nove ..... 38
Figura 6 - Modo Operacional 1 ..... 41
Figura 7 - Modo Operacional 2 ..... 41
Figura 8 - Modo Operacional 3 ..... 42
Figura 9 - Modo Operacional 4 ..... 43
Figura 10 - Modo Operacional 5 ..... 43
Figura 11 - Modo Operacional 6 ..... 44
Figura 12 - Modo Operacional 7 ..... 44
Figura 13 - Modo Operacional 8 ..... 44
Figura 14 - Modo Operacional 9 ..... 45
Figura 15 - Gerenciador de Cenários, PTW ..... 46
Figura 16 - Barras A1 e B1 ..... 47
Figura 17 - Interligação entre ER1 e ER2 ..... 48
Figura 18 - Barras A2 e B2 ..... 49
Figura 19 - Barras A3 e B3 ..... 49
Figura 20 - Subestação Aciaria II ..... 50
Figura 21 - Janela de opção do PTW ..... 50
Figura 22 - Tela de *Query* do PTW ..... 51
Figura 23 - Modo operacional 6 ..... 64
Figura 24 - Arc Flash Suit ..... 84

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Total de Mortes por Acidentes Elétricos.....18
Gráfico 2 - Acidentes por Arco Elétrico no Brasil.....19
Gráfico 3 - Acidentes por Nível de Tensão.....19
Gráfico 4 - Acidentes por Instalação.....20
Gráfico 5 - Acidentes por Área .....20
Gráfico 6 - Divisão da origem das queimaduras por eletricidade .....21
Gráfico 7 - Gráfico Distância x Pressão.....30
Gráfico 8 - Corrente Média do Arco x Pico de Pressão Sonora em dBA.....32
Gráfico 9 - Pressão sonora x Tempo (ms).....33
Gráfico 10 - Brilho do Arco x Tempo.....34
Gráfico 11 - Relação de Queimaduras da Pele em relação ao Tempo .....37
Gráfico 12 – Energia Incidente no modo operacional 1, proteção atual da empresa, barramentos de 13,8 kV .....60
Gráfico 13 - Energia Incidente no modo operacional 1, proteção atual da empresa, barramento de 35 kV .....61
Gráfico 14 - Energia Incidente no modo operacional 1, proteção atual da empresa, barramentos de 138 kV .....62
Gráfico 15 - Energia Incidente no modo operacional 6, proteção atual da empresa, barramentos de 13,8 kV .....65
Gráfico 16 - Energia Incidente no modo operacional 6, proteção atual da empresa, barramento de 35 kV .....65
Gráfico 17 - Energia Incidente no modo operacional 6, proteção atual da empresa, barramentos de 138 kV .....66
Gráfico 18 - Energia Incidente no modo operacional 1, proteção contra arco otimizada, barramentos de 13,8 kV .....70
Gráfico 19 - Energia Incidente no modo operacional 1, proteção contra arco otimizada, barramento de 35 kV.....70
Gráfico 20 - Energia Incidente no modo operacional 1, proteção contra arco otimizada, barramentos de 138 kV .....71
Gráfico 21 - Energia Incidente x Tempo, Barra A2, Modo Operacional 1, proteção otimizada .....73
Gráfico 22 - Energia Incidente no modo operacional 6, proteção contra arco otimizada, barramentos de 13,8 kV .....74

Gráfico 23 - Energia Incidente no modo operacional 6, proteção contra arco otimizada, barramento de 35 kV ..... 74
Gráfico 24 - Energia Incidente no modo operacional 6, proteção contra arco otimizada, barramentos de 138 kV ..... 75
Gráfico 25 - Comparação das proteções no modo operacional 1, 13,8 kV ..... 77
Gráfico 26 - Comparação das proteções no modo operacional 1, 35 kV ..... 78
Gráfico 27 - Comparação das proteções no modo operacional 1, 138 kV ..... 78
Gráfico 28 - Comparação das proteções no modo operacional 6, 13,8 kV ..... 80
Gráfico 29 - Comparação das proteções no modo operacional 6, 35 kV ..... 81
Gráfico 30 - Comparação das proteções no modo operacional 6, 138 kV ..... 81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites de aproximação ..... 29
Tabela 2 - Mortalidade em função da superfície corporal queimada ..... 37
Tabela 3 - Levantamento de dados estatísticos, modo operacional 1, proteção atual da empresa ..... 63
Tabela 4 - Levantamento de dados estatísticos, modo operacional 6, proteção atual da empresa ..... 67
Tabela 5 - Levantamento de dados estatísticos, modo operacional 1, proteção contra arco otimizada ..... 72
Tabela 6 - Levantamento de dados estatísticos, modo operacional 6, proteção contra arco otimizada ..... 76
Tabela 7 - Comparação entre proteções, modo operacional 1 ..... 79
Tabela 8 - Comparação entre proteções, modo operacional 6 ..... 82
Tabela 9 - Comparação das Fronteiras de Arco no Modo Operacional 1 ..... 88
Tabela 10 - Comparação entre Categorias de Risco - Modo Operacional 1 ..... 89
Tabela 11 - Comparação entre Categorias de Risco - Modo Operacional 6 ..... 89
Tabela 12 - Modo Operacional 1 - 0 Geradores / Proteção contra Arco ..... 99
Tabela 13 - Modo Operacional 1 - 3 Geradores / Proteção contra Arco ..... 100
Tabela 14 - Modo Operacional 1 - 6 Geradores / Proteção contra Arco ..... 101
Tabela 15 - Modo Operacional 2 - 0 Geradores / Proteção contra Arco ..... 102
Tabela 16 - Modo Operacional 2 - 3 Geradores / Proteção contra Arco ..... 103
Tabela 17 - Modo Operacional 2 - 6 Geradores / Proteção contra Arco ..... 104
Tabela 18 - Modo Operacional 3 - 0 Geradores / Proteção contra Arco ..... 105
Tabela 19 - Modo Operacional 3 - 3 Geradores / Proteção contra Arco ..... 106
Tabela 20 - Modo Operacional 3 - 6 Geradores / Proteção contra Arco ..... 107
Tabela 21 - Modo Operacional 4 - 0 Geradores / Proteção contra Arco ..... 108
Tabela 22 - Modo Operacional 4 - 3 Geradores / Proteção contra Arco ..... 109
Tabela 23 - Modo Operacional 4 - 6 Geradores / Proteção contra Arco ..... 110
Tabela 24 - Modo Operacional 5 - 0 Geradores / Proteção contra Arco ..... 111
Tabela 25 - Modo Operacional 5 - 3 Geradores / Proteção contra Arco ..... 112
Tabela 26 - Modo Operacional 5 - 6 Geradores / Proteção contra Arco ..... 113

Tabela 27 - Modo Operacional 6 - 0 Geradores / Proteção contra Arco.....114
Tabela 28 - Modo Operacional 6 - 3 Geradores / Proteção contra Arco.....114
Tabela 29 - Modo Operacional 6 - 6 Geradores / Proteção contra Arco.....115
Tabela 30 - Modo Operacional 7 - 0 Geradores / Proteção contra Arco.....116
Tabela 31 - Modo Operacional 7 - 3 Geradores / Proteção contra Arco.....116
Tabela 32 - Modo Operacional 7 - 6 Geradores / Proteção contra Arco.....117
Tabela 33 - Modo Operacional 8 - 0 Geradores / Proteção contra Arco.....118
Tabela 34 - Modo Operacional 8 - 3 Geradores / Proteção contra Arco.....119
Tabela 35 - Modo Operacional 8 - 6 Geradores / Proteção contra Arco.....120
Tabela 36 - Modo Operacional 9 - 0 Geradores / Proteção contra Arco.....121
Tabela 37 - Modo Operacional 9 - 3 Geradores / Proteção contra Arco.....122
Tabela 38 - Modo Operacional 9 - 6 Geradores / Proteção contra Arco.....123
Tabela 39 - Modo Operacional 1 - 0 Geradores / Proteção Atual.....124
Tabela 40 - Modo Operacional 1 - 3 Geradores / Proteção Atual.....125
Tabela 41 - Modo Operacional 1 - 6 Geradores / Proteção Atual.....126
Tabela 42 - Modo Operacional 2 - 0 Geradores / Proteção Atual.....127
Tabela 43 - Modo Operacional 2 - 3 Geradores / Proteção Atual.....128
Tabela 44 - Modo Operacional 2 - 6 Geradores / Proteção Atual.....129
Tabela 45 - Modo Operacional 3 - 0 Geradores / Proteção Atual.....130
Tabela 46 - Modo Operacional 3 - 3 Geradores / Proteção Atual.....131
Tabela 47 - Modo Operacional 3 - 6 Geradores / Proteção Atual.....132
Tabela 48 - Modo Operacional 4 - 0 Geradores / Proteção Atual.....133
Tabela 49 - Modo Operacional 4 - 3 Geradores / Proteção Atual.....134
Tabela 50 - Modo Operacional 4 - 6 Geradores / Proteção Atual.....135
Tabela 51 - Modo Operacional 5 - 0 Geradores / Proteção Atual.....136
Tabela 52 - Modo Operacional 5 - 3 Geradores / Proteção Atual.....137
Tabela 53 - Modo Operacional 5 - 6 Geradores / Proteção Atual.....138
Tabela 54 - Modo Operacional 6 - 0 Geradores / Proteção Atual.....139
Tabela 55 - Modo Operacional 6 - 3 Geradores / Proteção Atual.....140
Tabela 56 - Modo Operacional 6 - 6 Geradores / Proteção Atual.....141
Tabela 57 - Modo Operacional 7 - 0 Geradores / Proteção Atual.....142
Tabela 58 - Modo Operacional 7 - 3 Geradores / Proteção Atual.....143
Tabela 59 - Modo Operacional 7 - 6 Geradores / Proteção Atual.....144
Tabela 60 - Modo Operacional 8 - 0 Geradores / Proteção Atual.....145

Tabela 61 - Modo Operacional 8 - 3 Geradores / Proteção Atual.....146
Tabela 62 - Modo Operacional 8 - 6 Geradores / Proteção Atual.....147
Tabela 63 - Modo Operacional 9 - 0 Geradores / Proteção Atual.....148
Tabela 64 - Modo Operacional 9 - 3 Geradores / Proteção Atual.....149
Tabela 65 - Modo Operacional 9 - 6 Geradores / Proteção Atual.....150

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Efeitos da Pressão ..... 31
Quadro 2 - Comparação entre Arco Elétrico e Chamas ..... 39
Quadro 3 - Fatores G e x das Equações ..... 54
Quadro 4 - Valores das constantes para cálculo de tempo de trip ..... 57
Quadro 5 - Tempo de extinção dos Arcos ..... 59
Quadro 6 - Relação de EPIs e Categoria de Risco ..... 85
Quadro 7 - Relação de EPIs e Categoria de Risco – Ministério do Trabalho e Emprego ..... 87

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---|---|
| Abracopel | Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade |
| ANSI | *American National Standards Institute* |
| ATPV | *Arc Thermal Performance Value* |
| CCM | Centro de Controle de Motores |
| $E_{BT}$ | *Energy Breakopen Threshold* |
| EC | *European Comission* |
| EPI | Equipamento de Proteção Individual |
| IEEE | *Institute of Electrical and Electronics Engineers* |
| ISEA | *International Safety Equipment Association* |
| ISHN | *Industrial Safety and Hygiene News* |
| LED | *Light Emitting Diode* |
| MS | Ministério da Saúde |
| NFPA | *National Fire Protection Association* |
| NR | Norma Regulamentadora |
| OSHA | *Occupational Safety and Health Administration* |
| PTW | *Power tools for Windows ®* |
| RMS | *Root mean squared* |
| SCQ | Superfície corporal queimada |
| SHM | *Safety and Health Magazine* |
| SIN | Sistema interligado nacional |
| TEM | Ministério do Trabalho e Emprego |
| vs | *Versus* |
| WSAC | *Workplace Safety Awareness Council* |

## LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|---|---|
| Cal | Caloria |
| $Cm^2$ | Centímetro Quadrado |
| dB | Decibel |
| K | Kelvin |
| J | Joule |
| kA | Kilo Ampere |
| N | Newton |
| $m^2$ | Metro quadrado |
| m | Metro |
| Pa | Pascal |
| FT | *Foot*/*Feet* (pé/pés) |
| psi | *Pound Squared Inch (*libra por polegada quadrada) |
| km/h | Quilômetro por hora |
| ms | milissegundos |
| C | Celsius |
| F | Fahrenheit |
| Hz | Hertz |
| kV | Kilo Volt |
| MVA | Mega Volt-Ampere |

**SUMÁRIO**

**1. INTRODUÇÃO ..... 15**
1.1 Contextualização ..... 15
1.2. Justificativa ..... 22
1.3. Objetivos 22
1.3.1. Objetivos gerais ..... 22
1.3.2. Objetivos específicos ..... 23
1.4. Embasamento teórico ..... 23
**2. ABORDAGEM TEÓRICA ..... 25**
2.1. O arco elétrico ..... 25
2.1.1. A energia incidente ..... 26
2.1.2. Delimitação das fronteiras do arco elétrico ..... 27
2.2. Efeitos negativos do arco ..... 29
2.2.1. Explosão de pressão ..... 30
2.2.1.1. Efeitos da explosão de pressão no corpo humano ..... 31
2.2.2. Elevado nível sonoro ..... 32
2.2.2.1. Efeitos do elevado nível sonoro no ser humano ..... 34
2.2.3. Alto nível luminoso ..... 34
2.2.3.1. Efeitos do alto nível luminoso no ser humano ..... 35
2.2.4. Efeitos térmicos ..... 35
2.2.4.1 Efeitos térmicos no ser humano ..... 36
2.3. A empresa ..... 40
2.3.1 Modos operacionais ..... 40
**3. METODOLOGIA ..... 46**
3.1. Power Tools for Windows ® ..... 46
3.2. As equações e configurações no PTW ..... 52
3.3. As simulações ..... 56
3.3.1. Resultados para a proteção atual do sistema, modo operacional 1 ... 60
3.3.2. Resultados para a proteção atual do sistema, modo operacional 6 ... 64
3.4. Proteção contra arco escolhida ..... 67
3.4.1. Resultados para a proteção contra arco, modo operacional 1 ..... 69
3.4.2. Resultados para a proteção contra arco, modo operacional 6 ..... 73
3.5. Comparação direta dos resultados ..... 77
3.5.1. Modo operacional 1 ..... 77

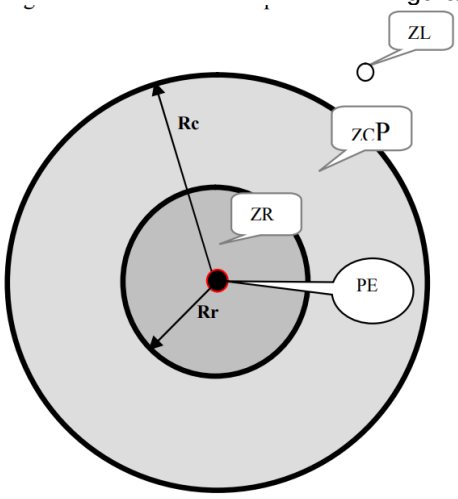
3.5.2. Modo operacional 6 .....80
3.6. Equipamentos de proteção coletiva e individual.....83
3.7. Implicações da redução da energia incidente .....87
**4. CONCLUSÃO .....91**
**5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....92**
**6. APÊNDICE .....99**
6.1. Proteção contra Arco .....99
6.2. Proteção Atual .....124

# 1.INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

Arcos elétricos são um dos riscos que podem vir a acontecer em uma instalação elétrica, sendo que podem gerar consequências catastróficas (DAS, 2012a). Um artigo escrito para a IEEE em 1982 chamado **"***The other electrical harzard: electric arc blast burns***"**, por Ralph Lee (LEE, 1982), foi que chamou a atenção pela primeira vez que queimaduras por arco elétrico compunham uma porção considerável dos ferimentos por acidentes elétricos (IEEE, 2002). Antes disso, apenas choques elétricos eram considerados como causas de acidentes por eletricidade, não havia normas regulamentadoras para arcos elétricos e nem as equações para o cálculo de energia incidente (IEEE, 2002). A Norma Brasileira NBR-5410 (ABNT, 2004), por exemplo, que trata de instalações elétricas de baixa tensão, foi criada apenas no ano de 2004, sendo válida a partir de 2005. Com base nesse trabalho de Lee, utilizando como referência a chamada Curva de *Stoll* (STOLL e CHIANTA, 1969), também foi estipulado o limiar de energia por área que causa à pele humana queimaduras de segundo grau, a saber, 1,2 cal/cm², medida essa usada até hoje como parâmetros de limites de aproximação de pessoas do foco de um possível arco, chamada de fronteira de arco elétrico (NFPA, 2017). Utilizando-se a NR-10, há algumas outras definições. A figura 1 mostra as delimitações radiais das zonas de risco, controlada e livre.

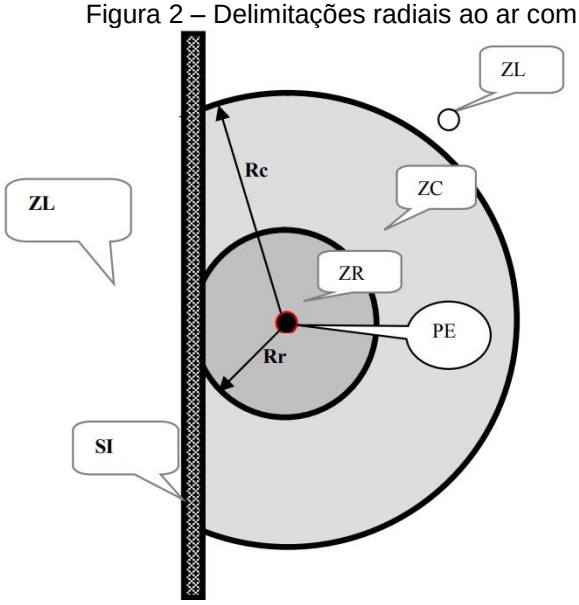
Figura 1 - Delimitações radiais ao ar




Fonte: (MTE, 2004).

A figura 2 é análoga à 1, mas mostra uma separação física adequada.

Figura 2 – Delimitações radiais ao ar com interposição de superfície de separação física




Fonte: (MTE, 2004).

Abaixo estão as definições das siglas:

- ZL: Zona livre.
- ZC: Zona controlada, restrita a trabalhadores autorizados.
- ZR: Zona de risco, restrita a trabalhadores autorizados e com a adoção de técnicas, instrumentos e equipamentos apropriados ao trabalho.
- PE: Ponto da instalação energizado.
- SI: Superfície isolante construída com material resistente e dotada de todos dispositivos de segurança.

As distâncias variam com a tensão e podem ser conferidas na tabela 1 do Anexo II da NR-10 (MTE, 2004, ANEXO II), e devem ser respeitadas como um requisito para o projeto de uma subestação.

Ainda da NR-10 (MTE, 2004, GLOSSÁRIO), seguem as definições abaixo de zonas:

> Zona de Risco: entorno de parte condutora energizada, não segregada, acessível inclusive acidentalmente, de dimensões estabelecidas de acordo com o nível de tensão, cuja aproximação só é permitida a profissionais autorizados e com a adoção de técnicas e instrumentos apropriados de trabalho.

“Zona Controlada: entorno de parte condutora energizada, não segregada, acessível, de dimensões estabelecidas de acordo com o nível de tensão, cuja aproximação só é permitida a profissionais autorizados. ” (MTE,2004, GLOSSÁRIO).

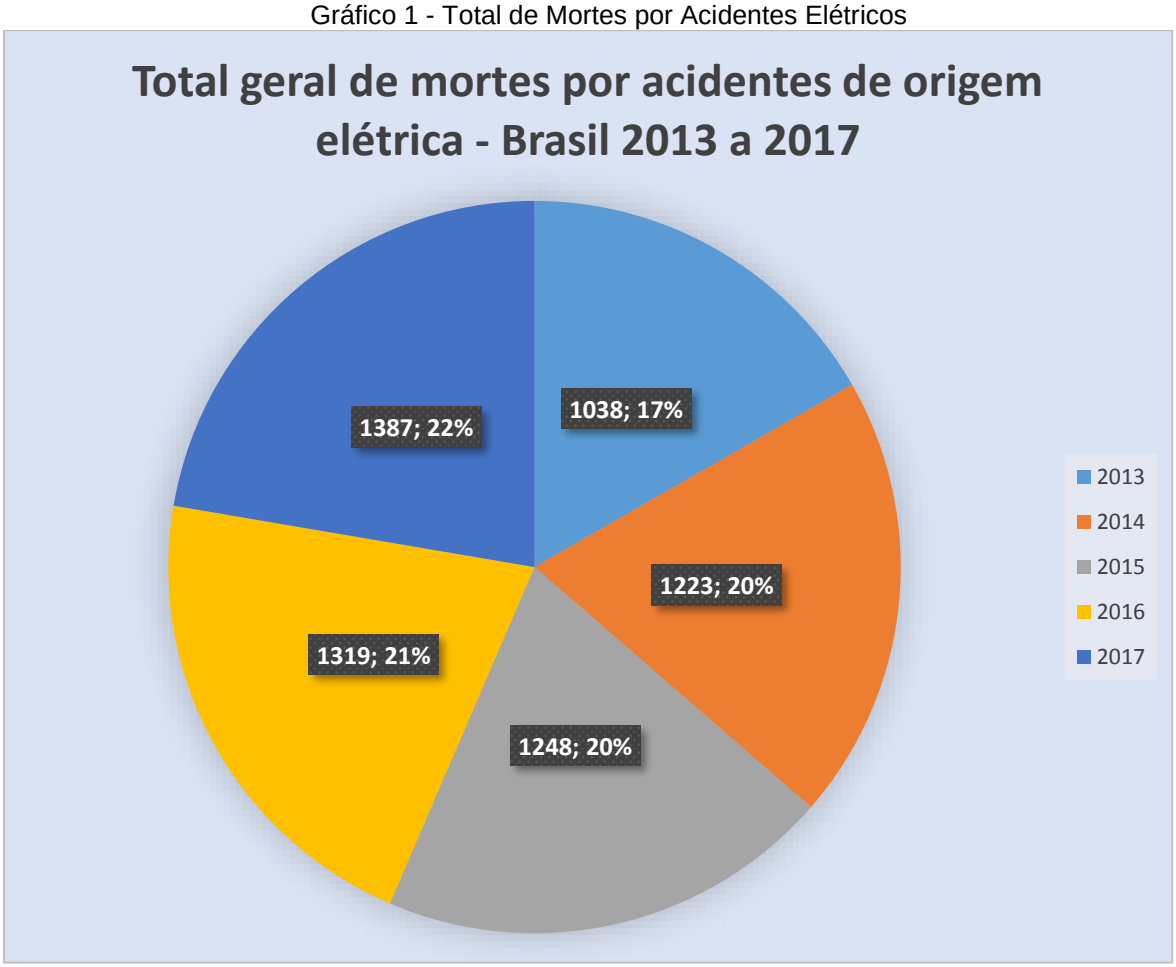
Segundo a seção 10.8.4 da NR-10 (MTE, 2004), “São considerados autorizados os trabalhadores qualificados ou capacitados e os profissionais habilitados, com anuência formal da empresa.”. Trabalhadores qualificados são o que possuem diploma na área elétrica. Habilitados são os qualificados e que possuem registro no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), e capacitados são os que foram treinados e trabalham sob a supervisão de um habilitado e autorizado. (MTE, 2004, SEÇÃO 10.8).

Um arco elétrico, dito de maneira simples, acontece quando há a passagem de corrente elétrica por um meio antes isolante (LEE, 1982). Logo, uma solda elétrica é considerada como um arco (MITOLO, FRESCHI e GIACCONE, 2016), bem como uma descarga atmosférica onde há passagem de corrente pelo ar, de uma nuvem até a Terra. Para essa última, a NBR 5419 (ABNT, 2001) traz as técnicas e os equipamentos de proteção necessários. Neste trabalho, onde se lê arco elétrico, refere-se aos arcos causados por curto-circuitos no sistema, a não ser que dito o contrário.

Para finalidade de contextualização, serão mostradas a seguir estatísticas sobre mortes e acidentes causados pelo arco elétrico em território brasileiro.

O gráfico 1 mostra o total de mortes por acidentes de origem elétrica no Brasil, no período de 2013 a 2017.

Gráfico 1 - Total de Mortes por Acidentes Elétricos

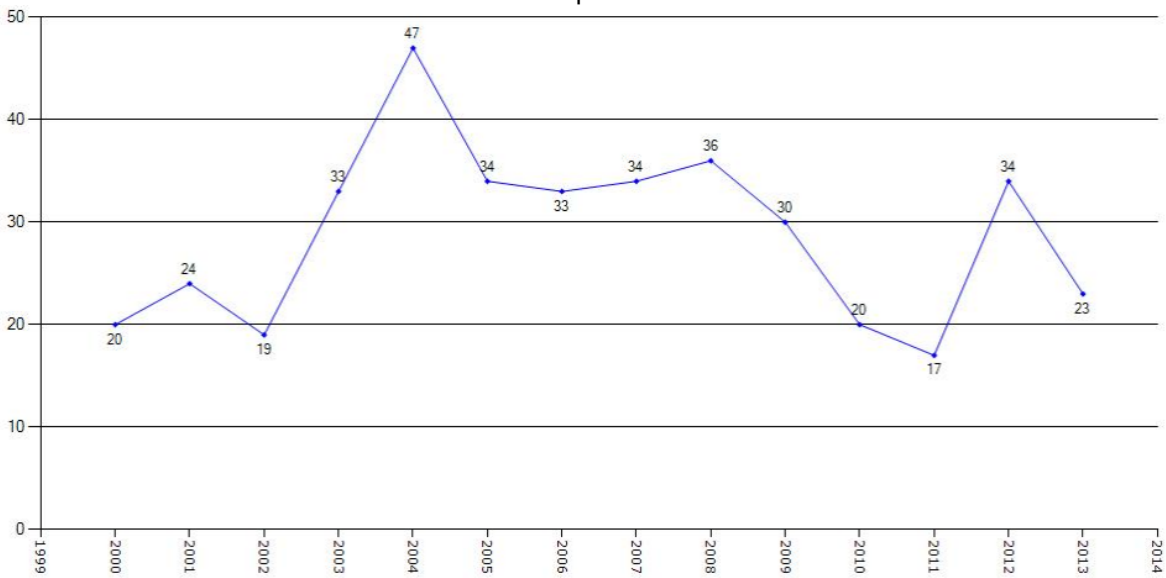



Fonte: (ABRACOPEL, 2018), editado pelo autor.

Esses dados estão subestimados, pois, a metodologia de coleta de dados da Abracopel, de onde se originou esse gráfico, trabalha utilizando informação eletrônica a partir de acidentes informados pela Internet, verificando a veracidade de cada notícia (ABRACOPEL, 2018). Como nem todos os acidentes são informados desse modo, o número real pode ser considerado bem acima do informado. Mas deve-se manter em mente que os dados são para todos os acidentes de origem elétrica, ou seja, os acidentes com arco elétrico são uma fração desse valor informado.

O gráfico 2 apresenta o número de acidentados por arco elétrico no Brasil no ano de 2000 a 2013, mas leva apenas em consideração o setor elétrico, sendo assim, os números totais também são maiores que os informados.

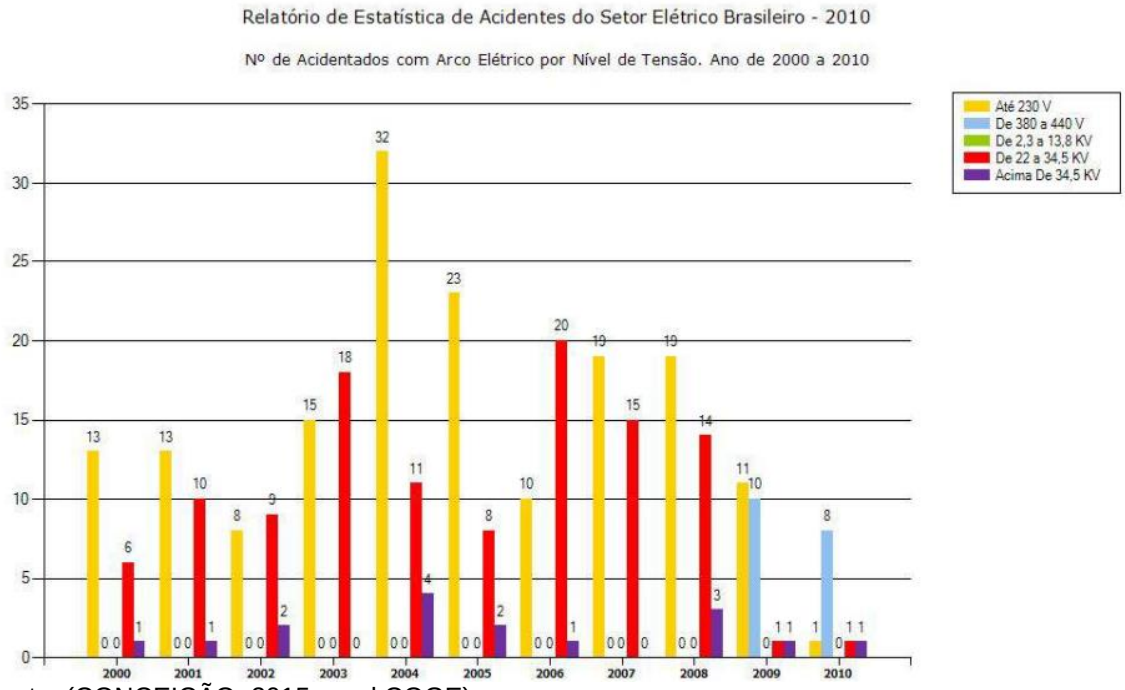
Gráfico 2 - Acidentes por Arco Elétrico no Brasil




Fonte: (CONCEIÇÃO, 2015 apud COGE).

A seguir, um gráfico de barras trazendo o levantamento de acidentes com arco em função do nível de tensão, de 2000 a 2010.

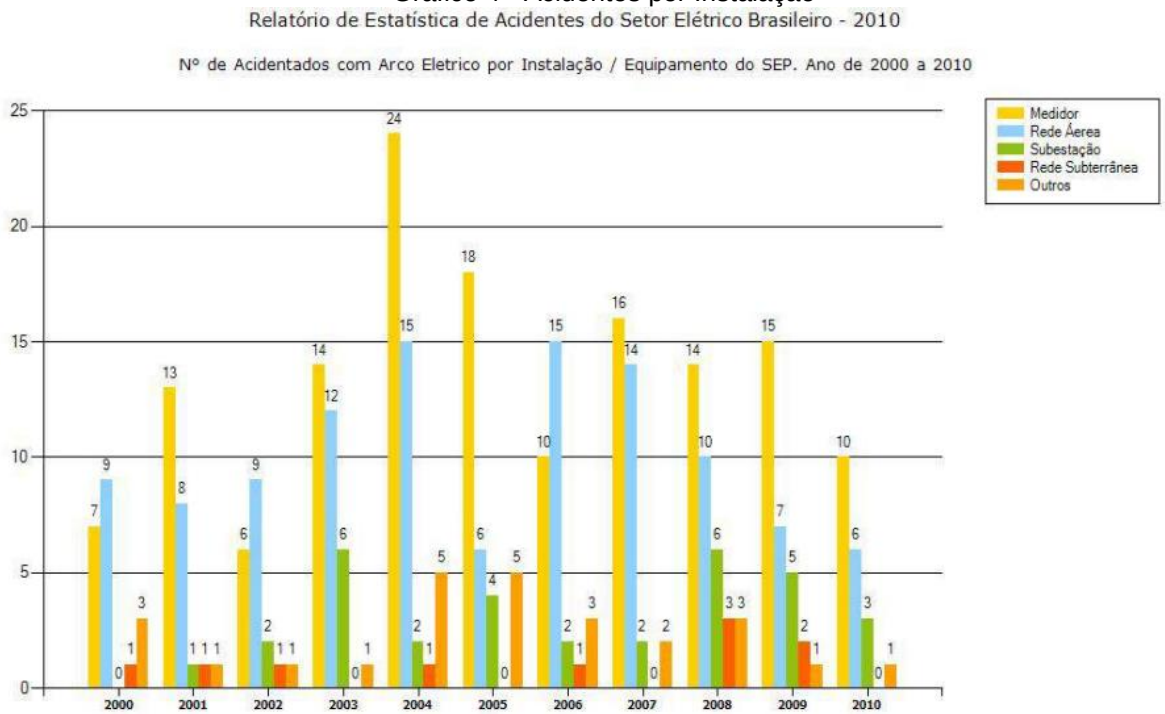
Gráfico 3 - Acidentes por Nível de Tensão




Fonte: (CONCEIÇÃO, 2015 apud COGE).

No próximo gráfico estão apresentados o número de acidentes com arco elétrico por instalação.

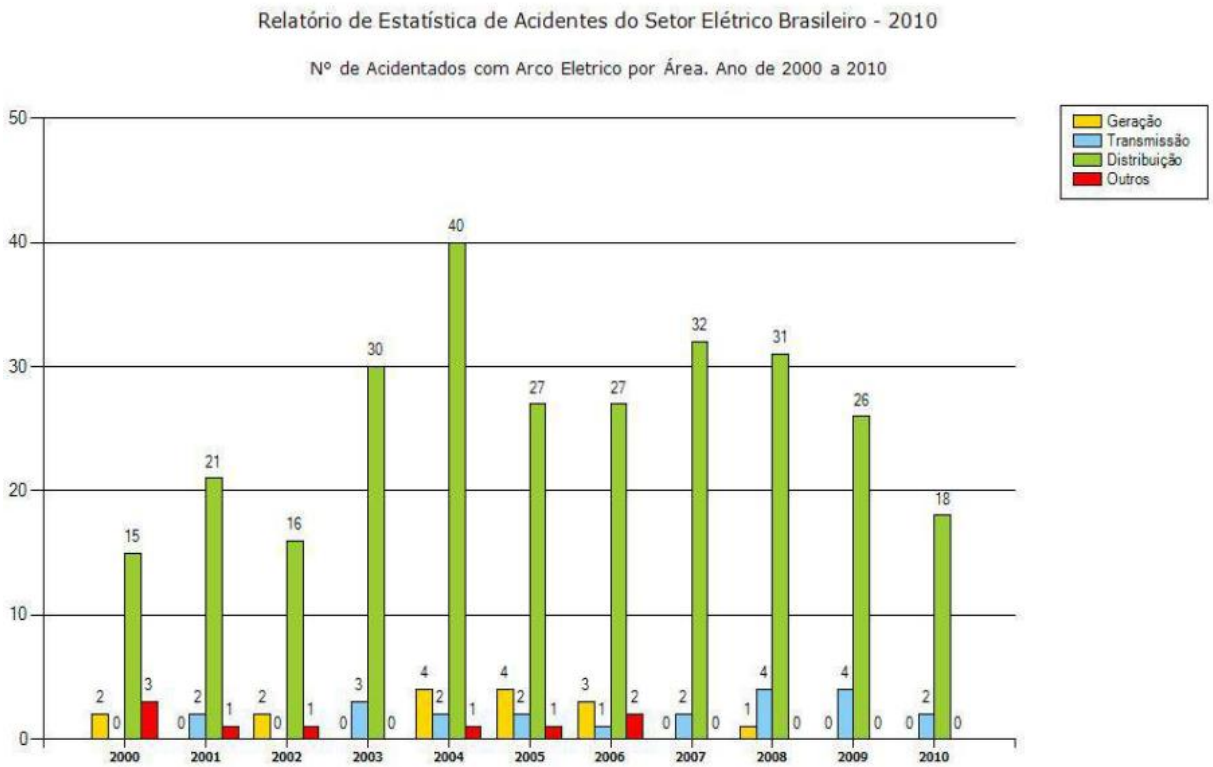
Gráfico 4 - Acidentes por Instalação




Fonte: (CONCEIÇÃO, 2015 apud COGE).

Por fim, é demonstrado um gráfico ilustrando o número de acidentados com arco por área.

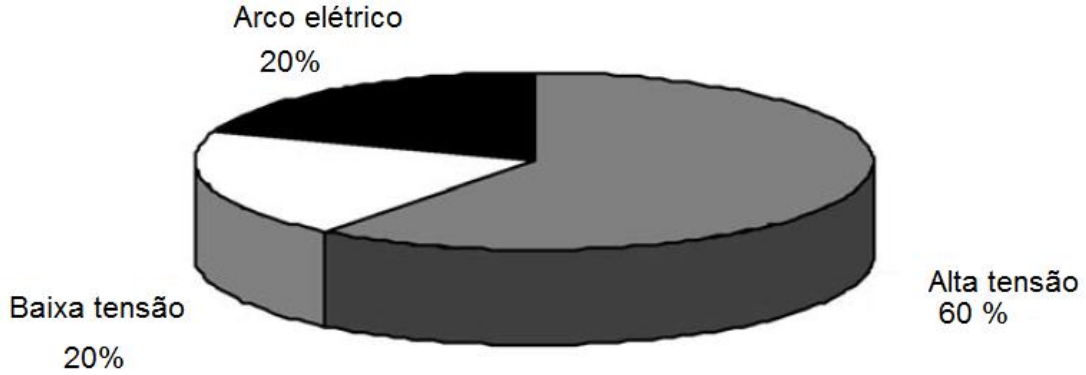
Gráfico 5 - Acidentes por Área




Fonte: (CONCEIÇÃO, 2015 apud COGE).

Outra estatística importante é a de um estudo feito na unidade para queimaduras do Hospital das Clínicas, em São Paulo, que reuniu registros médicos de pacientes com queimaduras por eletricidade. O estudou mostrou que, dos 86 pacientes atendidos, 20% foram causados por arco elétrico. Não foi informado a origem desses arcos, apenas que não houve nenhuma ocorrência por descarga elétrica (raio) (LUZ et al, 2009).

Gráfico 6 - Divisão da origem das queimaduras por eletricidade




Fonte: LUZ et al, 2009. Traduzido pelo autor.

Arcos elétricos são muito comuns em indústrias. Há, diariamente, entre 5 a 10 ocorrências de arco elétrico nos Estados Unidos, sendo que dessas ocorrências resultam em 1 ou 2 mortes por dia (PHILLIPS e FRAIN, 2007). Esses eventos causam por ano mais de 2000 pessoas admitidas em centros de tratamento de queimaduras com gravidade e, somando às menos intensas, mais de 7000 (WSAC, 20-). Levando em conta os custos médicos nesse país, são gastos 1,5 milhão de dólares para o tratamento do trabalhador e entre oito meses a um ano de afastamento do emprego, com o risco de deficiência permanente (ISHN, 2013). O prejuízo total causado por arcos elétricos pode chegar a 15 milhões de dólares (CAMPBELL e DINI, 2015), valor monetário muito expressivo. Esses números são apenas para os Estados Unidos, mas as consequências de um arco elétrico são iguais em qualquer lugar do mundo, havendo o risco de destruição de equipamentos e a parada de produção da indústria em questão (KUMPULAINEN, DAHL e MA, 2008).

Além disso, há o fator humano, como mortes causadas pelo arco, perda de membros do corpo, queimaduras que poderão se tornar sequelas, sendo que essas

consequências não afetam apenas o indivíduo que sofreu o acidente, mas também sua família e seus colegas de trabalho, que podem ficar traumatizados devido ao episódio presenciado (DAS, 2012b).

## 1.2. Justificativa

Segundo a NR 10, seção 10.2.1 (MTE, 2004), norma regulamentadora de segurança em instalações e serviços em eletricidade,

> Em todas as intervenções em instalações elétricas devem ser adotadas medidas preventivas de controle do risco elétrico e de outros riscos adicionais, mediante técnicas de análise de risco, de forma a garantir a segurança e a saúde no trabalho.

Logo é de se esperar um consenso entre os profissionais de engenharia de que é necessária uma atenção em especial no que se diz respeito à segurança.

Dito isto e, com a introdução de como um arco elétrico pode causar danos, neste trabalho é proposta a demonstração da relação entre energia incidente e o tempo de extinção de um arco elétrico, trazendo assim uma comprovação da influência que a rapidez da eliminação do evento tem em cima da questão de segurança. Como a energia incidente afeta também os custos da empresa, como compra de EPIs, troca de equipamentos danificados, despesas com tratamentos médicos e multas trabalhistas, a intenção do autor é trazer uma abordagem sobre duas questões bastante pertinentes à engenharia: proteção e economia.

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivos gerais

Demonstrar a relação entre energia incidente e tempo de eliminação no caso de um arco elétrico e investigar as implicações diretas e indiretas do aumento na velocidade de extinção do arco.

### 1.3.2. Objetivos específicos

Para que o objetivo principal fosse atingido, alguns objetivos específicos foram necessários. São eles:

- Estudo do modelo elétrico entregue pela empresa e seus documentos de proteção;
- Estudo da norma NFPA 70e e guia IEEE 1584, que serviram como base para este trabalho;
- Aprendizado do programa PTW, em especial a parte de simulações;
- Levantamento de tabelas para melhor visualização e entendimento dos resultados dados pelo PTW, devido ao grande volume de informações;
- Revisão de conceitos de estatística e criação de gráficos para inferir o que a variação dos parâmetros do arco elétrico influencia sobre a energia resultante;

## 1.4. Embasamento teórico

Para o sucesso dos objetivos deste trabalho, a pesquisa terá como base dois documentos relativos a arcos elétricos: o IEEE 1584 e o NFPA 70e. O primeiro é um guia para o cálculo de perigos do arco elétrico e o segundo é um padrão para segurança elétrica no local de trabalho.

A plataforma IEEE para artigos científicos será uma fonte recorrente de referências, pois tem um acervo extenso e confiável referente ao assunto dessa pesquisa. Os artigos de Ralph H. Lee, por serem pioneiros na abordagem matemática no campo de arco elétrico, serão diversas vezes citados neste trabalho.

Uma planta elétrica de uma grande empresa de siderurgia será utilizada conjuntamente com o PTW para a verificação dos efeitos que as alterações de parâmetros têm sobre o resultado de energia incidente, tendo como foco sempre a variação do tempo. Após essas simulações, são gerados relatórios que contêm informações pertinentes para possibilitar comparações, como corrente de arco, a energia incidente resultante e o tempo de extinção do arco. Com esses dados será

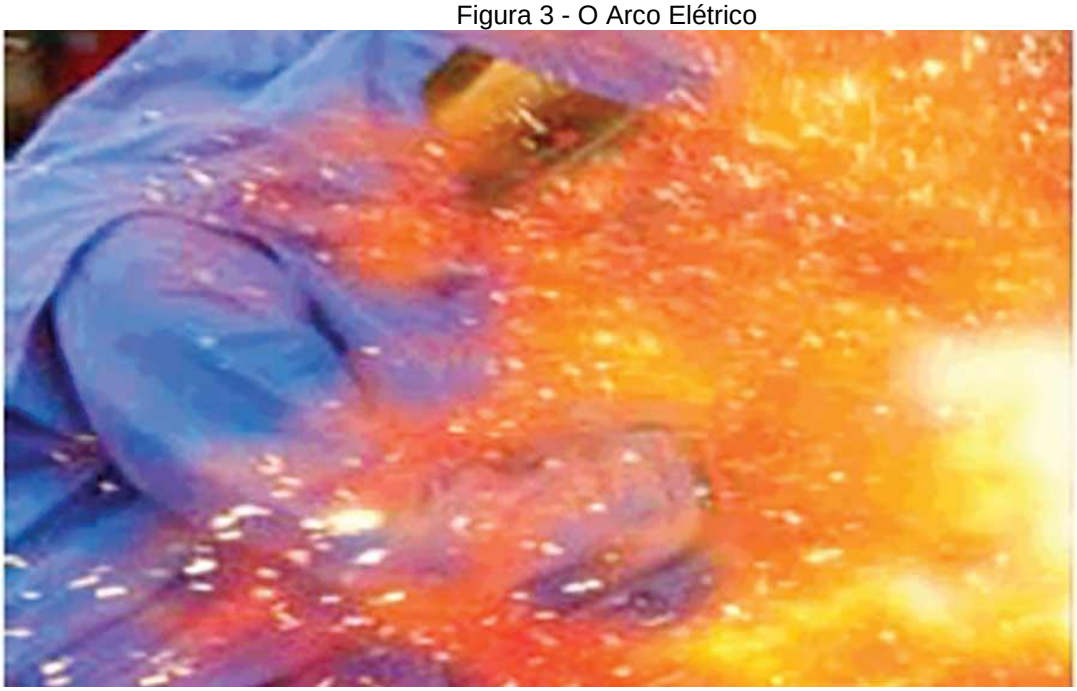
possível a criação de tabelas e gráficos para melhor visualização dessas alterações, bem como a produção de estimativas.

# 2.ABORDAGEM TEÓRICA

## 2.1. O arco elétrico

A figura a seguir mostra um arco elétrico acontecendo enquanto o funcionário está trabalhando.

Figura 3 - O Arco Elétrico



Fonte: (SHM, 2009).

Um arco elétrico ocorre quando há descarga elétrica entre um ou mais condutores, por meio de um dielétrico (MOHAJERYAMI, AREFI e SALAMI,2017) (NFPA,2017), geralmente o ar, quando este tem seu campo elétrico rompido. Pode acontecer por várias causas, como, por exemplo, ferramentas encostando em duas fases, poeira, condensação, corrosão ou instalações inadequadas (WSAC,20-b)**.**

Segundo a NFPA 70e, um risco de arco elétrico é definido como uma possível fonte de ferimento ou dano que é causada pela energia liberada durante o arco. Esse risco aumenta quando há partes energizadas ou circuitos expostos, ou seja, que podem ser tocados inadvertidamente ou que podem ser aproximados mais do que uma distância segura, bem como, quando em espaços confinados, dado que algum trabalhador esteja manejando o equipamento de forma que possa causar um arco (NFPA, 2017). Além disso, não é provável que ocorra quando operando em condições normais, tendo

o equipamento confinado sido instalado apropriadamente e com a manutenção em dia (NFPA, 2017).

A maior causa de geração de arco elétrico são erros humanos (ISHN, 2017) (SHM, 2009).

Durante a ocorrência, o ar torna-se suficientemente quente para ficar ionizado, tornando-se então um condutor, pois a presença do vapor de metal do terminal onde ocorre o arco possibilita a passagem da corrente elétrica (LEE,1982) (LEE et al, 2013). Há usos controlados para o arco elétrico, como em velas de ignição (SOLDERA et al, 2004), soldagem a arco (MITOLO, FRESCHI e GIACCONE, 2016) e fornos a arco, este último amplamente usado em empresas siderúrgicas (BOULET, LALLI e AJERSCH, 2003).

Quando não controlado, o arco causa várias consequências, como: explosão de pressão; ondas sonoras que podem chegar a 160 dB; radiação ultravioleta excessiva; elevação da temperatura que chegam a níveis fatais, atingindo por volta de 20.000 K. (DAS, 2012a). (LEE, 1982).

### 2.1.1. A energia incidente

Um conceito muito importante quando se trata de arcos elétricos é o de energia incidente, que é a quantidade térmica de energia que é projetada por área, a uma certa distância (NFPA,2017). Como a energia do arco é dada em Joules, a energia incidente pode ser dada em joules por centímetro quadrado [J/cm²], ou, achada mais comumente, em calorias por centímetro quadrado [cal/cm²] **(**IEEE, 2002).

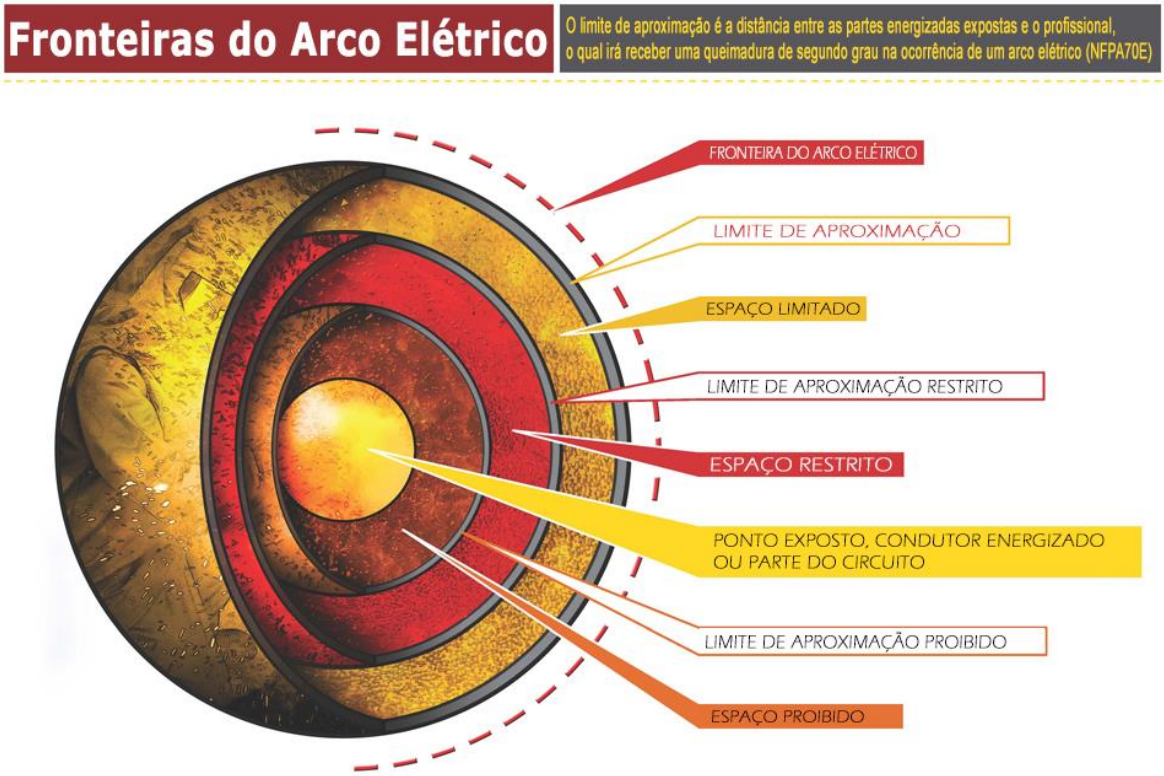
A energia incidente é um parâmetro extremamente importante de se saber durante a ocorrência de um arco, pois determina, por exemplo, qual o grau de proteção um trabalhador deve ter em seu EPI (MTE,2016) (NFPA, 2017) ao estar a uma determinada distância de um possível foco de onde ocorreria um arco elétrico.

Os resultados desse trabalho que aqui serão mostrados terão relação principalmente com as consequências térmicas no caso de um episódio de arco elétrico, pois o grau de queimaduras que este pode causar é diretamente dependente do nível de energia incidente atingido (STOLL e CHIANTA, 1969).

### 2.1.2. Delimitação das fronteiras do arco elétrico

A figura 4 traz uma representação visual das fronteiras de um arco elétrico.

Figura 4 - As Fronteiras do Arco Elétrico




Fonte: (DIPOLO ELÉTRICO, 2014).

- Fronteira do arco elétrico: quando existe um perigo de arco elétrico, é a distância onde a energia incidente desse arco seria igual a 1,2 cal/cm², ou 5 J/cm², que é a energia necessária para causar uma queimadura de segundo grau quando uma pessoa sem proteção fosse exposta por 1 segundo.

- Limite de aproximação: limite no qual somente uma pessoa qualificada[1] pode passar. Mede-se a partir da menor distância entre partes vivas do circuito e onde uma pessoa não qualificada pode chegar sem riscos.

- Limite de aproximação restrito: limite no qual somente uma pessoa qualificada pode passar. Está a uma distância das partes vivas tal que, pela proximidade de riscos de choque, requer uso de técnicas de proteção de choques e equipamentos quando cruzada. A pessoa qualificada, que completou o treinamento requerido, deve usar o EPI adequado. Também deve ter um plano escrito aprovado para o serviço que irá fazer e igualmente mostrando que irá manter as partes do seu corpo fora do espaço proibido.

- Limite de aproximação proibido: limite para ser ultrapassado apenas por pessoas qualificadas, a uma distância das partes energizadas do sistema, tal que quando uma parte do corpo ou objeto a cruza, requer a mesma proteção que seria necessária para contato com partes vivas. Apenas pessoas qualificadas utilizando os EPI apropriados, que tenham treinamento em condutores ou componentes energizados, portando um plano documentado justificando a necessidade dessa aproximação ser feita, é que podem cruzar essa fronteira e entrar no espaço proibido.

Os espaços descritos na imagem são os espaços entre uma fronteira e outra, onde as regras para cruzamento dos limites passam a valer. Todas as definições foram retiradas de (NFPA, 2017).

A tabela 1 mostra os limites estabelecidos pela NFPA, para sistemas de corrente alternada. Para sistemas monofásicos acima de 250 V, a tensão máxima fase-terra do sistema é multiplicada por 1,732, essa tensão equivalente deve ser usada na tabela citada.

---

[1] Segundo (NFPA, 2017), pessoa qualificada é aquela que demonstrou habilidades e conhecimentos relacionados à construção de, e operação de, equipamentos elétricos e instalações, bem como recebeu treinamento de segurança para identificar os perigos e reduzir os riscos associados. O equivalente na NR-10 seria pessoa capacitada. Neste trabalho se manteve a definição da NFPA 70e, pois é a norma que está sendo utilizada.

Todas as distâncias são dos condutores elétricos energizados ao trabalhador.

O item condutor móvel exposto se refere à condição na qual a distância entre o condutor e a pessoa não está sobre o controle dessa pessoa (NFPA, 2017).

Tabela 1 - Limites de aproximação

| Tensão nominal do sistema, fase-fase | Limite de aproximação | | Limite de aproximação restrito; Inclui adição de movimentos inadvertidos |
|---|---|---|---|
| | Condutor móvel exposto | Parte do circuito fixa exposta | |
| Menor que 50 V | Não especificado | Não especificado | Não especificado |
| 50 V - 150 V | 3,0 m | 1,0 m | Evitar contato |
| 151 V - 750 V | 3,0 m | 1,0 m | 0,3 m |
| 751 V - 15 kV | 3,0 m | 1,5 m | 0,7 m |
| 15,1 kV - 36 kV | 3,0 m | 1,8 m | 0,8 m |
| 36,1 kV - 46 kV | 3,0 m | 2,5 m | 0,8 m |
| 46,1 kV - 72,5 kV | 3,0 m | 2,5 m | 1,0 m |
| 72,6 kV - 121 kV | 3,3 m | 2,5 m | 1,0 m |
| 138 kV - 145 kV | 3,4 m | 3,0 m | 1,2 m |
| 161 kV - 169 kV | 3,6 m | 3,6 m | 1,3 m |
| 230 kV - 242 kV | 4,0 m | 4,0 m | 1,7 m |
| 345 kV - 362 kV | 4,7 m | 4,7 m | 2,8 m |
| 500 kV - 550 kV | 5,8 m | 5,8 m | 3,6 m |
| 765 kV - 800 kV | 7,2 m | 7,2 m | 4,9 m |

Fonte: NFPA, tabela 130.4(D)(a), traduzida pelo autor.

## 2.2. Efeitos negativos do arco

Como já dito anteriormente, várias são as consequências negativas de um arco elétrico. Nessa seção serão estudados mais a fundo os efeitos no corpo humano e haverá a exibição de alguns gráficos para esclarecer as dependências dos parâmetros do sistema e os resultados que um arco elétrico teria, caso ocorresse.

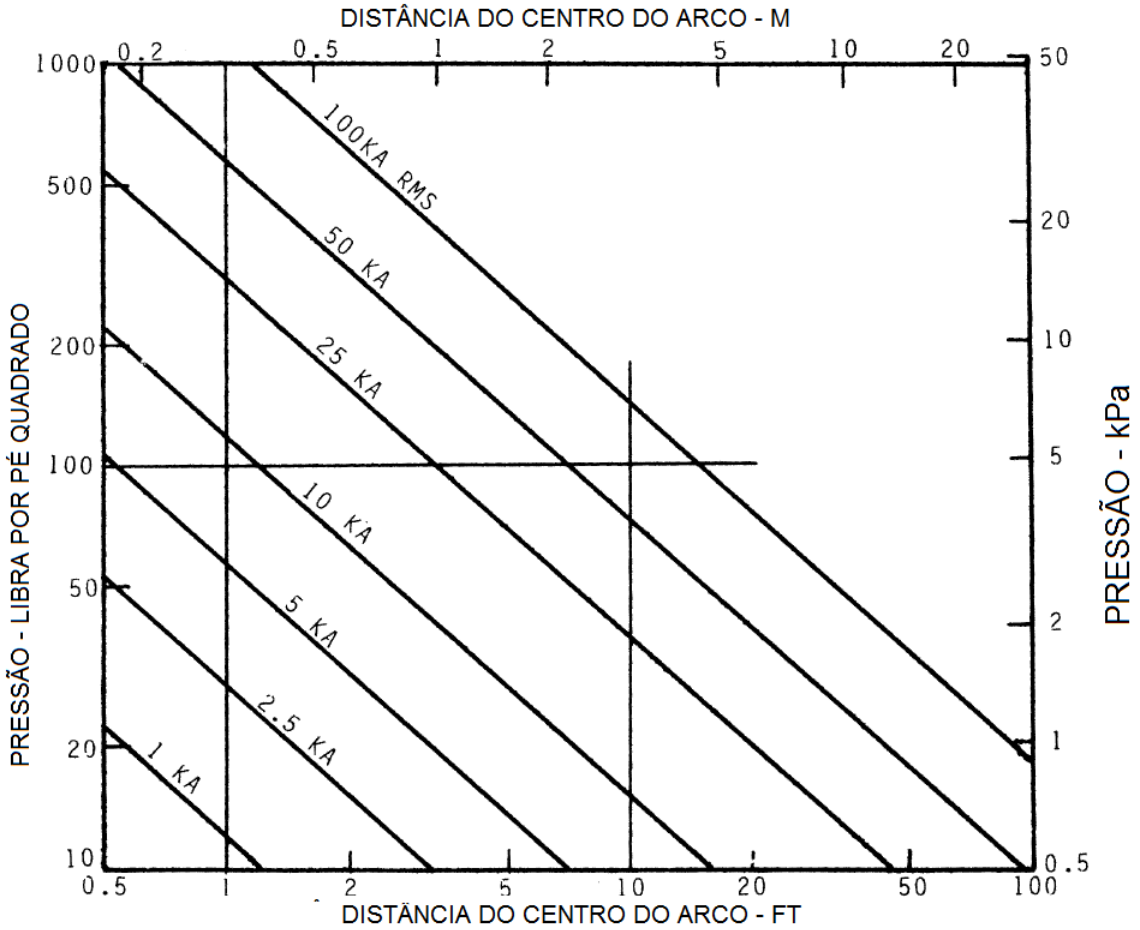
### 2.2.1. Explosão de pressão

A pressão atingida no momento de um arco elétrico pode fazer com que pessoas próximas ao local sejam arremessadas, até mesmo derrubar paredes (LEE, 1987). Como um exemplo trazido pelo artigo de Lee, um arco de 25 kA poderia causar uma pressão de 7750 N/m² a uma distância de 0,6 m. Isso pode ser visto como um total de força de 2100 N na área frontal de um homem que esteja a essa distância.

As causas para o desenvolvimento das altas pressões são duas, a saber: o aumento de temperatura do ar devido a corrente que passa através dele e a expansão que o metal sofre com a alta temperatura (LEE,1987). Por exemplo, o cobre pode expandir até 67 mil vezes e a água até 1670 vezes. (LEE,1987)

A seguir está uma imagem que relaciona a corrente e a distância do centro do arco com a pressão gerada.

Gráfico 7 - Gráfico Distância x Pressão




Fonte: (LEE, 1987) traduzido pelo autor.

A corrente que está mais próxima do nível em que esse trabalho irá tratar é a de 25 kA. Como exemplo, caso o trabalhador esteja a 1 metro de distância do centro do arco, e utilizando a curva de nível de 25 kA como modelo, a pressão que ele sofreria teria o valor de 5 kPa, ou, 0,72 psi.

A explosão de pressão é relacionada à distância e potência do arco (LEE, 1987)

#### 2.2.1.1. Efeitos da explosão de pressão no corpo humano

O quadro a seguir traz uma relação da pressão, máxima velocidade do vento e suas consequências.

Quadro 1 - Efeitos da Pressão

| **Pico de sobrepressão** | **Máxima velocidade do vento (km/h)** | **Efeitos em estruturas** | **Efeitos no corpo humano** |
|---|---|---|---|
| 1 psi | 60,8 | Janelas de vidro estilhaçam | Ferimentos leves devido a fragmentos |
| 2 psi | 112 | Dano moderado a casas (janelas e portas arrancadas e danos severos ao telhado) | Pessoas feridas por vidro voando e detritos |
| 3 psi | 163,2 | Estruturas residenciais colapsam | Ferimentos sérios são comuns, podem acontecer fatalidades |
| 5 psi | 260,8 | Maioria dos prédios colapsam | Ferimentos são universais, fatalidades são mais comuns |
| 10 psi | 470,4 | Prédios com concreto reforçado são severamente avariados ou demolidos | Maioria das pessoas é morta |
| 20 psi | 803,2 | Prédios de concreto fortemente edificados são severamente avariados ou demolidos | Fatalidades se aproximam de 100% |

Fonte: (ZIPF e CASHDOLLAR, 19--?) traduzido pelo autor.

O maior valor de pressão do gráfico 7 seria atingido a 40 cm do centro do arco com uma corrente de 100 kA, ou a 10 cm com uma corrente de 50 kA. Essa pressão,

equivalente a 47,88 kPa, ou então, aproximadamente 6,95 psi, o que segundo a tabela causa velocidade máxima do vento maior que 260 km/h, pode levar um trabalhador a óbito. Além disso, uma pressão de 5 psi causa estouro de tímpanos em 1% das pessoas expostas (ZIPF e CASHDOLLAR, 19-?).

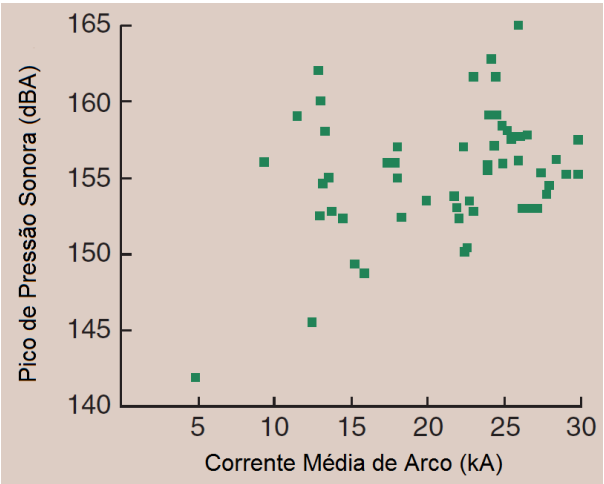
Como exemplo de trabalho em minas ou de explosões em campos de guerra, é a alta velocidade do vento que geralmente causa ferimentos ou a morte, seja arremessando a pessoa em alguma parede por perto ou os estilhaços que voam e que os atingem, podendo ser feita uma analogia com o que ocorreria em um caso de arco elétrico de alta pressão. (ZIPF e CASHDOLLAR, 19-?)

### 2.2.2. Elevado nível sonoro

Uma consequência também sempre presente durante um arco elétrico são os altos níveis de ruídos sonoros gerados. A maior parte do barulho originado vem da expansão explosiva inicial do ar e da formação da região de plasma entre os condutores (NEAL e PARRY, 2005). Depois disso, o som que persiste é devido à corrente que mantém o plasma, sendo assim, tendo um nível de dB menor que o inicial (NEAL e PARRY, 2005).

O gráfico a seguir mostra a relação entre a corrente média que um arco tem, em kA, e o pico de pressão sonora, em dBA[2].

Gráfico 8 - Corrente Média do Arco x Pico de Pressão Sonora em dBA



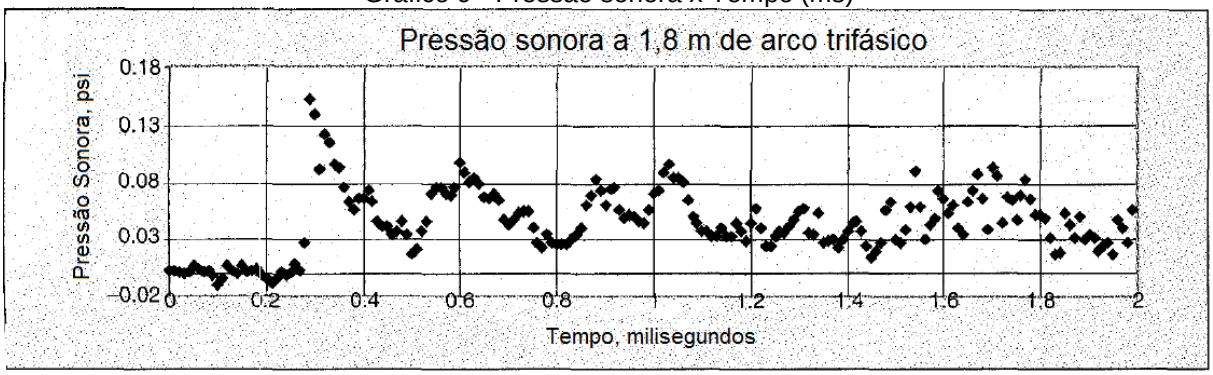

Fonte: (NEAL e PARRY, 2005) traduzido pelo autor.

[2] dBA é uma medida ponderada de decibel que leva em consideração a sensibilidade do ser humano a diferentes frequências (EC, 2008)

É possível ver que há uma relação entre maior corrente e maior pressão sonora. A variação de picos para uma mesma corrente se deve ao fato de as experiências terem sido com diversas configurações, mudando o tamanho da distância entre condutores, e algumas sendo faltas de fase-fase e outras de fase-terra. Como dito em (NEAL e PARRY, 2005), essa variação seria eliminada para medições com uma mesma configuração.

O gráfico 9 mostra a análise da pressão sonora, em psi, libra por polegada quadrada, com a relação do tempo, tendo os microfones a 1,8 m de distância do arco. Tensão e corrente não foram informados.

Gráfico 9 - Pressão sonora x Tempo (ms)




Fonte: (DOUGHTY et al, 1999) traduzido pelo autor.

O pico, que é de aproximadamente 0,15 psi, ou 154,27 dB (decibéis), acontece por volta de 0,32 milissegundos. Isso se deve ao tempo que o ar demorou para se expandir e a onda sonora levou para percorrer a distância até os microfones. Logo após, a pressão cai oscilando, como se estivesse seguindo a variação que há na corrente que mantém o plasma (DOUGHTY et al, 1999).

A pressão sonora é correlacionada à potência no arco. Quanto maior a potência, maior a pressão sonora (DOUGHTY et al, 1999).

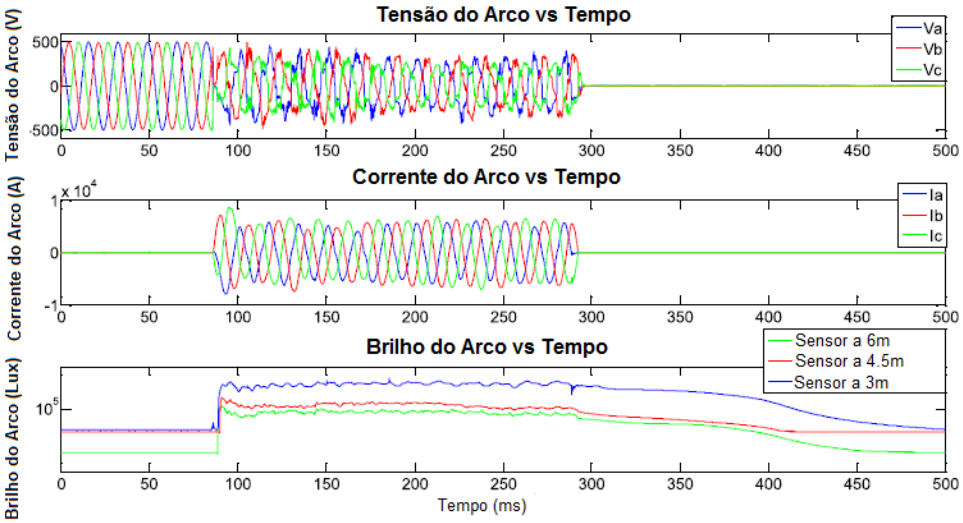
#### 2.2.2.1. Efeitos do elevado nível sonoro no ser humano

De acordo com (EC, 2008) o limiar de dor para o ser humano se encontra entre 120-140 dB. Ou seja, o experimento da figura anterior passaria, em muito, esse limite[3]. Um nível de 160 dB pode causar ruptura dos tímpanos em uma pessoa (DOUGHTY et al, 1999).

### 2.2.3. Alto nível luminoso

Medições durante o momento de acontecimentos de arcos elétricos mostraram níveis de 2 milhões de lux para uma corrente baixa, de 2 kA. Isso é equivalente a 20 vezes o brilho do sol, a um metro de distância. Com correntes mais próximas do que acontecem em eventos em industrias, por exemplo, 17 kA, foi registrada intensidade luminosa de 12 milhões de lux, ou 120 sóis no céu ao mesmo tempo (SEL, 201-). Além disso, são relatados a emissão de luz infravermelha e ultravioleta (SAVOSTIANIK, 2012). O gráfico 10 mostra alguns parâmetros do sistema no momento de arco elétrico e a medição dos lux gerados, com os sensores de luz a 6 m, 4,5 m e 3 m de distância do foco.

Gráfico 10 - Brilho do Arco x Tempo




Fonte: (RAU et al, 2017), traduzido pelo autor.

[3] Deve-se lembrar que dB é uma escala logarítmica, 10 dB a mais significa o dobro do volume

Nota-se que o arco é eliminado aos 300 ms, mas o brilho que ele gera permanece por mais tempo antes de voltar à luminosidade normal, que seria de 200 a 300 lux em uma subestação (RAU et al, 2017).

#### 2.2.3.1. Efeitos do alto nível luminoso no ser humano

O alto índice de radiação ultravioleta pode levar a uma fotoceratite e fotoconjuntivite, sendo a primeira uma inflamação da córnea, e a segunda da conjuntiva, muito dolorosas (OBSERVATORY, 20-).

A radiação infravermelha tem consequências negativas no ser humano quando em níveis elevados, podendo levar a desnaturação das enzimas na retina e a coroide, devido ao aumento crítico de temperatura (KOURKOUMELIS e TZAPHLIDOU, 2011).

Para uma comparação com o que a extrema luminosidade gerada durante um arco pode causar ao ser humano, será feita uma analogia levando em consideração os parâmetros como quantidades de sóis que correspondem aos lux medidos. Segundo (CHEN e LEE, 2004), olhar diretamente para o sol pode causar perda visual irreversível. Logo, comparando-se a luminosidade de um sol com a de 120 sóis medidas por (SEL, 201-), é de se supor que a ocorrência desse arco elétrico poderia causar cegueira instantânea na pessoa que estivesse à frente desse *flash*.

### 2.2.4. Efeitos térmicos

Os efeitos térmicos de um arco elétrico são os diretamente ligados à energia incidente gerada por eles, já que essa é dada em cal/cm² ou J/cm² (IEEE, 2002) e neste trabalho terão o maior foco, pois a redução dessa energia incidente tem grande impacto também na diminuição das consequências térmicas.

Durante a ocorrência de um arco, as temperaturas estão por volta de 20.000 K em seus terminais, podendo chegar a 50.000 K. É a segunda maior fonte de temperatura na Terra, ficando atrás apenas do laser, que pode chegar a 100.000 K (LEE, 1982). A temperatura do plasma, a parte que liga um terminal ao outro durante o arco, atinge

por volta de 13.000 K. Para efeitos de comparação, a temperatura da superfície solar é de 5.000 K (LEE, 1982). A essa temperatura, o cobre já atingiu seu ponto de fusão (CPDA, 201? Apud SIMON, DEXLER e REED), virando gotículas que podem atingir algum equipamento por perto ou até mesmo o trabalhador. Igualmente, também atinge seu ponto de ebulição (CPDA, 201? Apud SIMON, DEXLER e REED), virando vapor, que, por ser de metal, é nocivo aos seres humanos quando inalado (BLANC et al, 1991).

A partir dessas informações, pode se concluir que quanto menor o tempo de extinção do arco, menor a produção de respingos e vapores metálicos e menos danos aos trabalhadores.

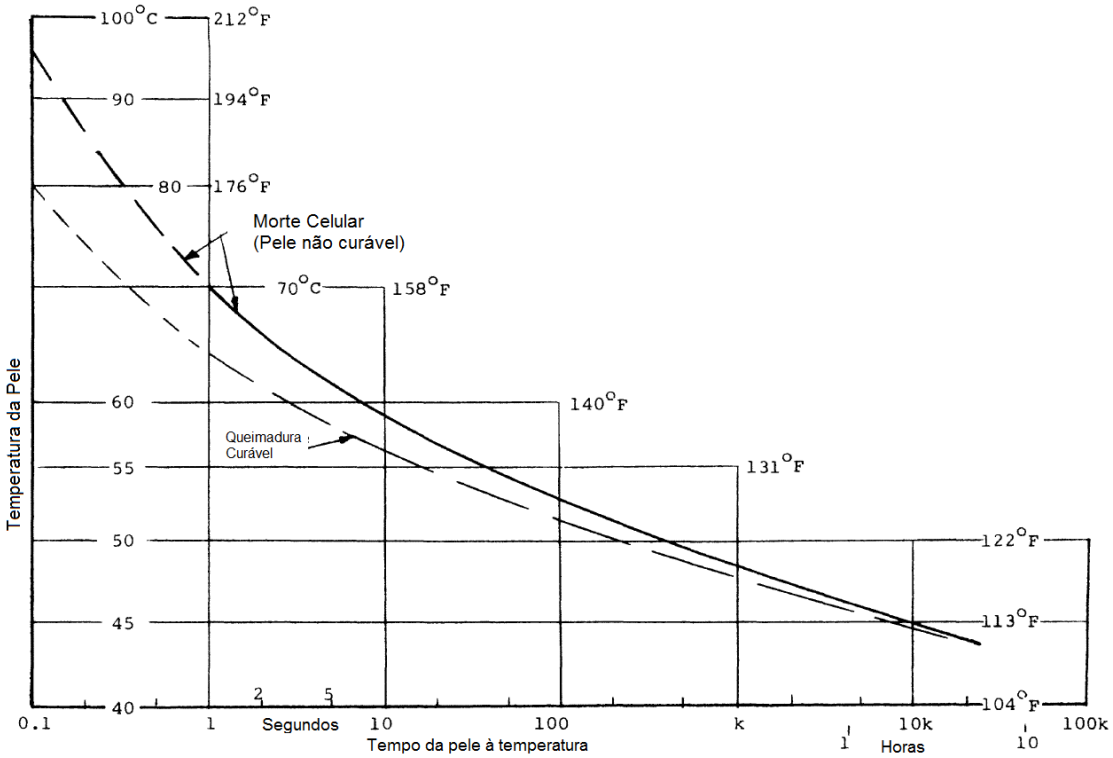
#### 2.2.4.1 Efeitos térmicos no corpo humano

Quando exposto a altas temperaturas o ser humano corre vários riscos. A consequência mais notável e a primeira que se vem à mente quando mencionada temperaturas elevadas é a de queimadura. Segundo (WSAC, 20-a) uma exposição de 95° C (203°F) é suficiente para causar uma queimadura de terceiro grau em apenas 1/10 de segundo, ou 6 ciclos para uma frequência de 60 Hz.

O gráfico 11 mostra uma relação mais detalhada entre a temperatura da pele e tempo e se a queimadura será curável, ou não. As queimaduras não curáveis (terceiro grau) necessitam de enxertia, assim como também é recomendável para queimaduras de segundo grau profundo (MS, 2012).

A superfície corporal queimada está explicada na figura 5, e é chamada de “A regra dos Nove”. Essa regra relaciona a parte do corpo com queimaduras e sua porcentagem corporal.

Gráfico 11 - Queimaduras da Pele em relação ao Tempo




Fonte: (LEE, 1982), traduzido pelo autor.

A tabela 2 mostra a porcentagem de mortalidade levando em conta a superfície corporal queimada, bem como os casos onde houveram ferimentos por inalação de calor ou fumaça.

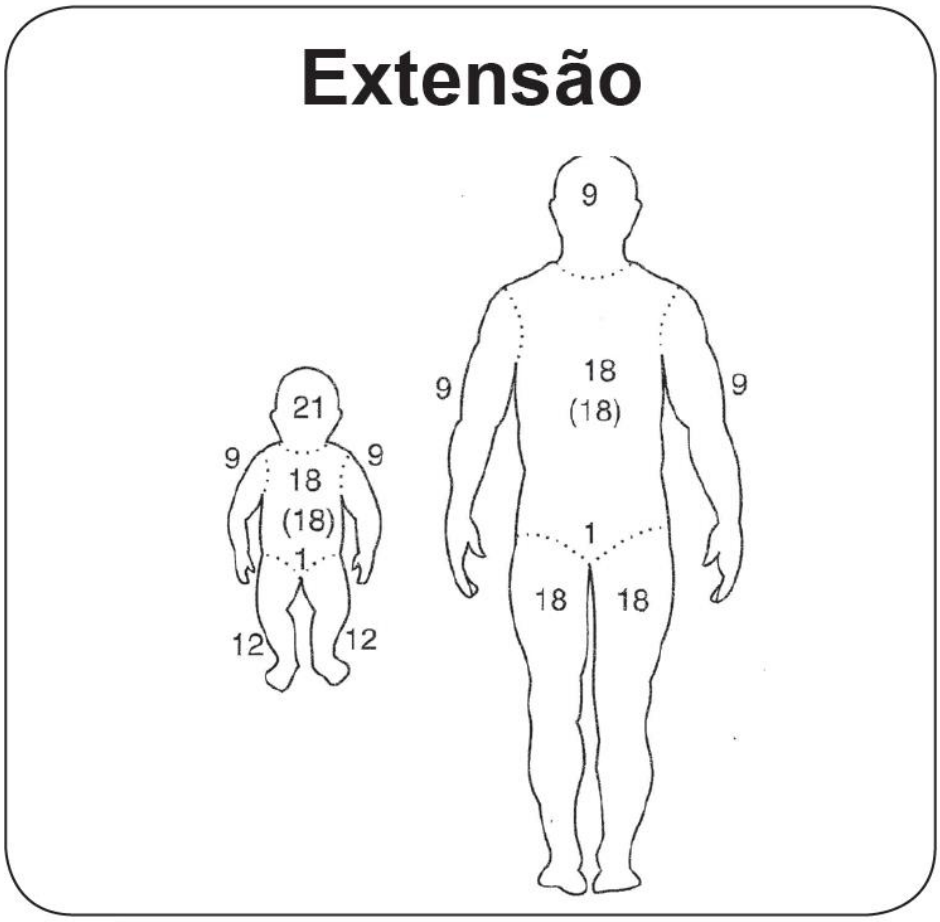
Tabela 2 - Mortalidade em função da superfície corporal queimada

| | N° de pacientes (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Sobreviventes | Não sobreviventes | Média % SCQ | Taxa de mortalidade (%) |
| Sem inalação | 23 (20,0) | 5 (9,0) | 41,3 ± 23,3 | 17,8 |
| Inalação média | 75 (65,2) | 34 (61,8) | 45,4 ± 26,2 | 31,1 |
| Moderada e severa | 17 (14,7) | 16 (29,0) | 40,0 ± 28,1 | 48,5 |
| Total | 115 (100,0) | 55 (100,0) | 43,9 ± 26,2 | 32,4 |

SCQ = Superfície corporal queimada

Fonte: (YANG, 2011), traduzido pelo autor.

Figura 5 - Regra dos Nove




Fonte: (MS, 2012) apud (GOMES et al, 1997).

A proteção contra arco elétrico sempre se baseia no nível de energia incidente na região do rosto e corpo, justamente pelo alto percentual de pele, desconsiderando as extremidades (IEEE, 2002).

Em uma situação hipotética, onde o trabalhador não esteja usando o EPI necessário, sendo o rosto e seu torso atingidos pela explosão de calor, a sua superfície corporal queimada seria de 18+9 = 27%. Uma SCQ>20% caracteriza uma queimadura grave em adultos (MS, 2012).

Quando se fala em queimaduras, o percentual do corpo queimado tem mais relação com a chance de sobrevivência do que com a gravidade da queimadura. Isso é explicado por a maioria das mortes em hospitais entre 2 e 4 semanas de exposição

serem devidas à infecção. Queimaduras de segundo e terceiro grau destroem a pele, criando assim uma via de entrada para infecções (WSAC, 20-a).

A chance de sobrevivência cai com os seguintes parâmetros:

• Porcentagem total do corpo queimado;

• com o aumento de idade;

• cai bruscamente quando há mais de 50% de queimadura.

(WSAC, 20-a).

O quadro 2 traz uma comparação entre o arco elétrico e chamas diretas.

Quadro 2 - Comparação entre Arco Elétrico e Chamas

| FATORES DE EXPOSIÇÃO DE RISCO | ARCO ELÉTRICO | CHAMA |
|---|---|---|
| Extensão total de energia incidente, cal/cm² | 2 a >100 | 4 a 30 |
| Percentual de energia radiante | 90 | 30-50 |
| Percentual de energia de calor por convecção | 10 | 50-70 |
| Tempo potencial de exposição, segundos | 0,01 a >1 | 1 a 15 |
| Forças concussivas | Grande | Variável |
| Quantidade de ar ionizado presente | Grande | Moderada |
| Presença de fumaça/vapor | Sim | Sim |
| Respingo de aço fundido | Sim | Não |
| Mecanismo para recorrência | Religação | Reignição |

Fonte: (NEAL, BINGHAM e DOUGHTY, 1996) traduzido pelo autor.

Percebe-se que o arco elétrico tem uma alta porcentagem de energia radiante (90%), e apenas 10% por convecção, além de uma energia incidente com níveis que podem chegar acima de 100 cal/cm², ao passo que, por chama, o máximo se dá aos 30 cal/cm². Para se ter uma melhor noção do que esses valores representam, o IEEE 1584 (IEEE, 2002), assim como a NFPA 70e (NFPA, 2017), definem o limiar de queimadura de segundo grau como sendo o recebimento de 1,2 cal/cm² pela pele durante 1 segundo, e de acordo com (WSAC, 20-a) roupas típicas de trabalho não resistentes a chamas podem entrar em ignição entre 4 e 5 cal/cm².

## 2.3. A empresa

A empresa onde foi feito o estudo é da área de siderurgia, dispõe de 6 geradores e conta com um sistema de distribuição de energia em 138 kV e 13,8 kV que atendem a todas as áreas produtivas. Há também uma subestação em 34,5 kV. A produção de energia é moldada a partir da necessidade de adequação e da continuidade do fornecimento da energia elétrica. As interrupções na distribuição podem ser avaliadas a partir da óptica da perda de produção, causando prejuízo financeiro elevado. O sistema elétrico está interligado ao SIN pela concessionária de energia elétrica através de duas linhas em 138 kV, com uma capacidade total de até 180 MVA por linha.

São ao todo 13 subestações abaixadoras de 138 kV para 13,8 kV, e 11 delas possuem transformadores de 35/50 MVA, uma possui de 17,5/25 MVA e a última de 50/75 MVA. Há ainda uma subestação abaixadora de 138 kV para 34,5 kV, com um transformador de 50/75 MVA.

Todas as informações anteriores foram retiradas de documentos fornecidos pela empresa.

### 2.3.1 Modos operacionais

São configurações padronizadas de funcionamento do sistema elétrico, que permitem a parada ou isolamento de equipamentos, barramentos e linhas aéreas das estações recebedoras (ER).

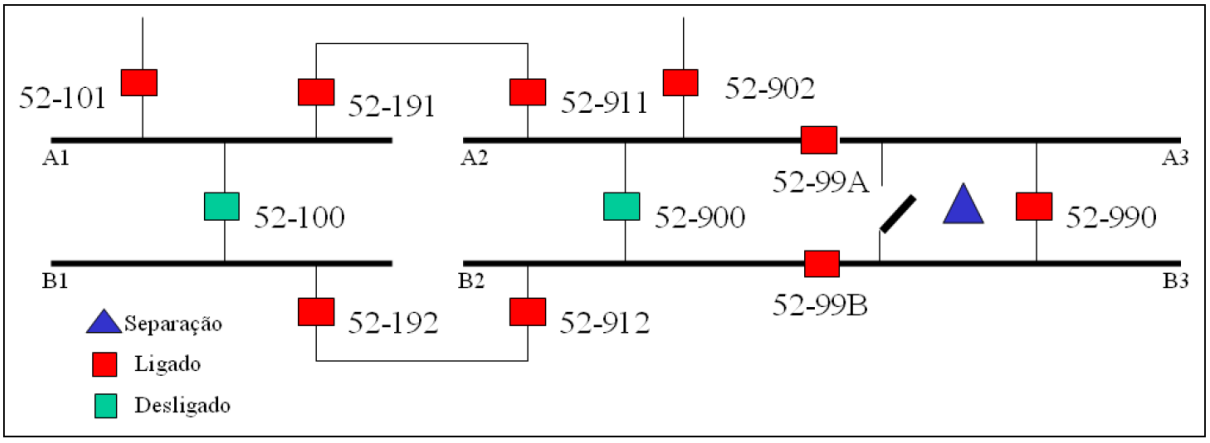
O que diferencia cada modo operacional do outro é o equipamento/barramento que irá ser isolado e onde será o ponto de atuação da proteção em que ocorrerá a separação do SIN. Essa separação pode ser para evitar que problemas externos causem perturbações significativas na empresa, que poderiam provocar paradas de produção ou blecaute, caso não houvesse a desconexão.

Ao todo são 9 (nove) modos operacionais e nesse trabalho serão levantados os números sobre a energia incidente em cada um deles, nas 14 subestações

abaixadoras que alimentam as cargas, como também nas 3 subestações em 138 kV, pois são as mais críticas para o processo operativo.

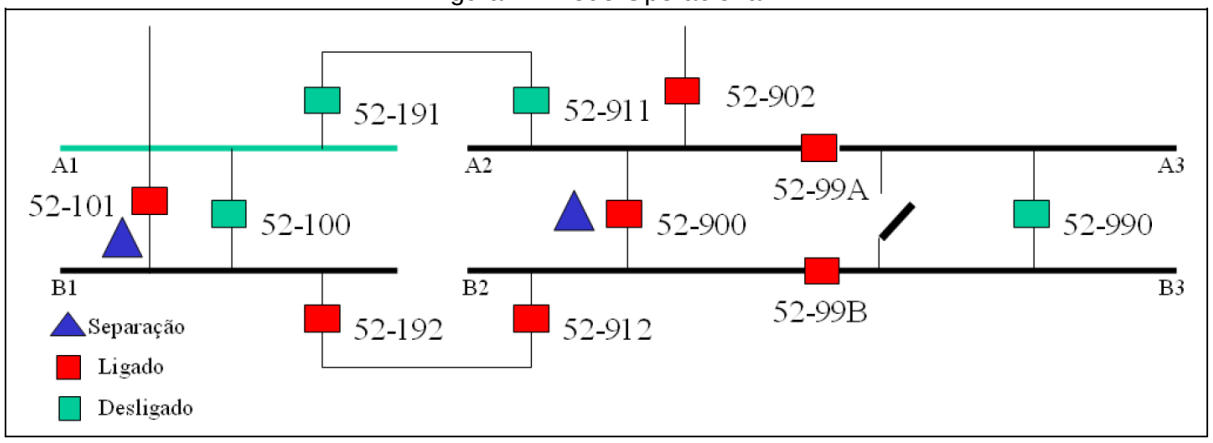
A seguir, exemplo de mudança de modo operacional.

Figura 6 - Modo Operacional 1




Fonte: documentos da empresa.

Figura 7 - Modo Operacional 2




Fonte: documentos da empresa.

Os retângulos apresentados nas figuras são disjuntores, que são ligados e desligados de acordo com a finalidade, como, por exemplo, isolar um barramento para manutenção.

As barras apresentadas são as das subestações distribuidoras em 138 kV, onde existem 3 (três) barramentos duplos, cada subestação contando com uma barra A e uma B. Os disjuntores 52-101 e 52-902 são das linhas de transmissão que se conectam ao SIN através da concessionária. Os disjuntores que conectam os

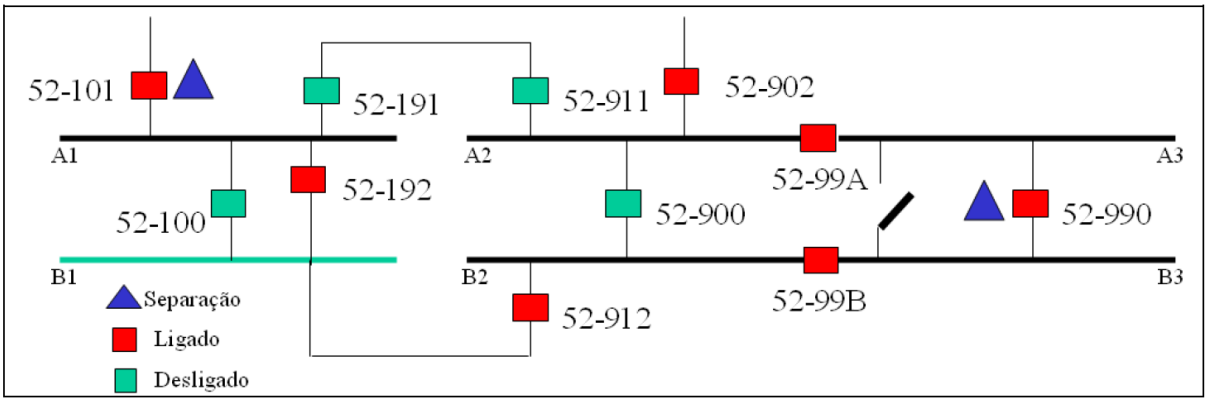
geradores às barras não estão representados na figura, pois não alteram o modo operacional. Em operação normal os geradores G1, G2, G3 e G4 ficam conectados na Barra B e os geradores G5 e G6 ficam conectados na Barra A. A figura que mostra o esquema no PTW será apresentada na próxima seção, onde os geradores serão demonstrados.

O modo operacional 1 é o modo normal de operação, quando não há nenhuma barra parada. Todas as barras A estão interligadas e conectadas ao SIN pelas linhas que estão ligadas aos disjuntores 52-101 e 52-902. As barras B também estão interligadas e se conectam às barras A pelo disjuntor de interligação 52-990.

O modo operacional 2 entra em atuação quando existe a necessidade de se parar a barra A1. A linha da concessionária que antes estava ligada à barra A1 pelo disjuntor 52-101 passa agora a ser conectada à barra B1.

As figuras dos dois modos operacionais foram apresentadas no início dessa seção.

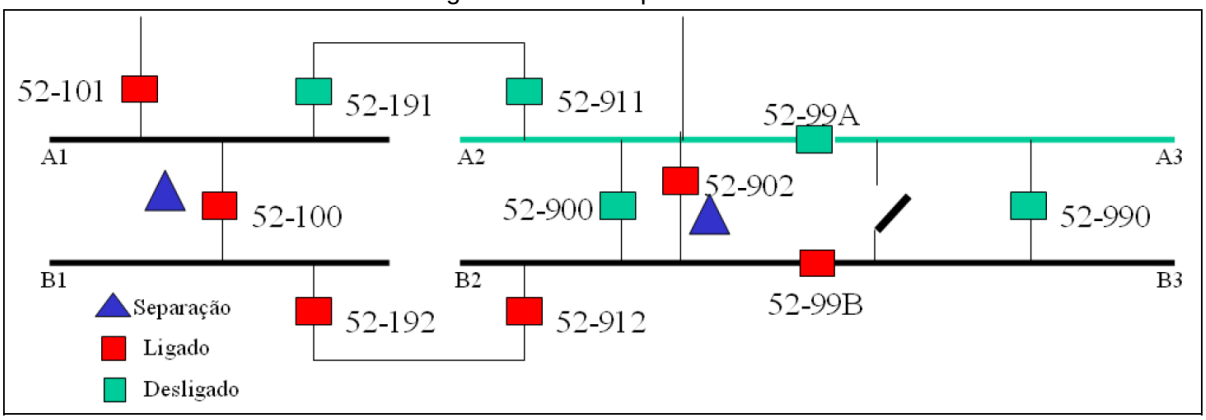
Figura 8 - Modo Operacional 3




Fonte: documentos da empresa.

O modo operacional 3 desativa a barra B1. A interligação das estações agora é feita através dos disjuntores 52-192 ligado à barra A1 e 52-912 ligado à barra B2.

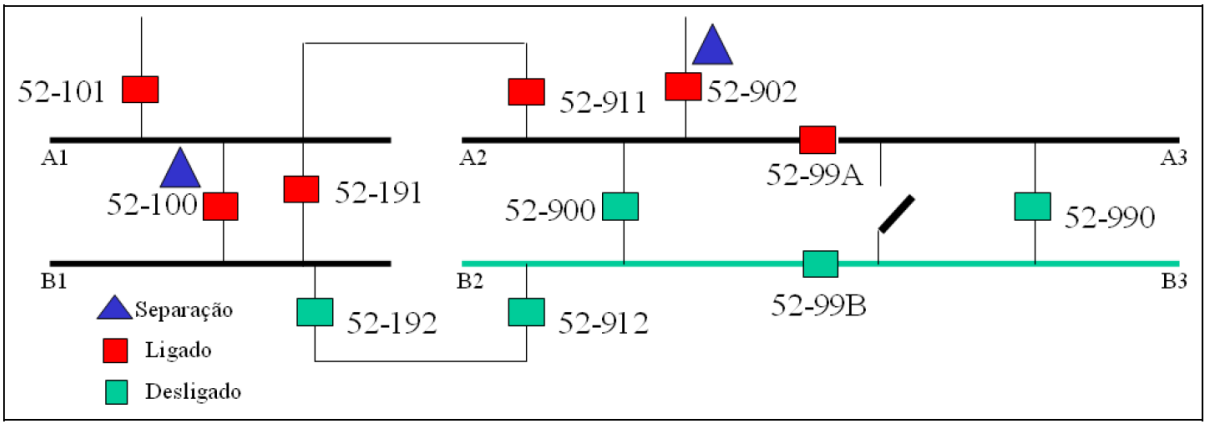
Figura 9 - Modo Operacional 4




Fonte: documentos da empresa.

O modo operacional 4 isola as barras A2 e A3, e utiliza o disjuntor 52-902 para conectar o sistema ao SIN pela barra B2.

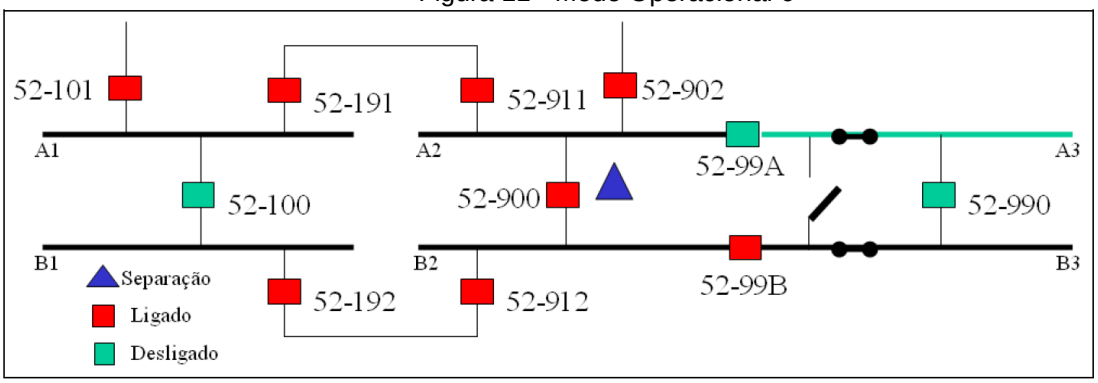
Figura 10 - Modo Operacional 5




Fonte: documentos da empresa.

O modo operacional 5 desativa as barras B2 e B3, e o disjuntor 52-902 volta a se conectar à barra A2. A interligação das ER é feita através dos disjuntores 52-191 e 52-911.

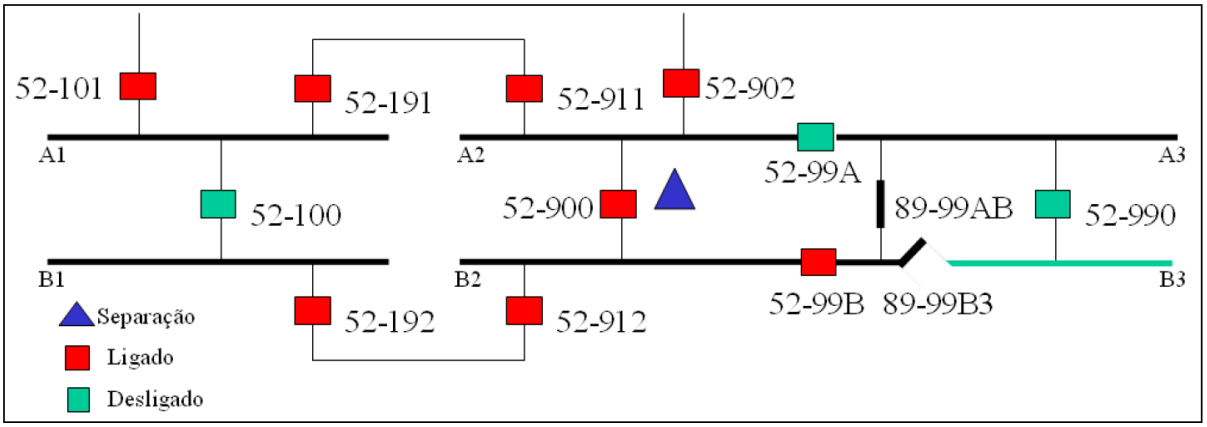
Figura 11 - Modo Operacional 6




Fonte: documentos da empresa.

O modo operacional 6 desativa a barra A3 e desliga a interligação entre as barras A2 e A3.

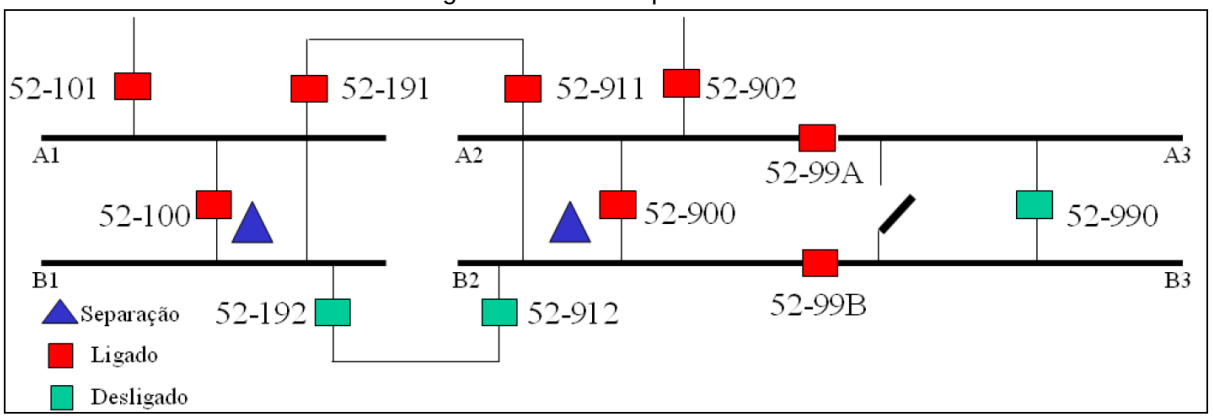
Figura 12 - Modo Operacional 7




Fonte: documentos da empresa.

O modo operacional 7 para a barra B3 e desliga a interligação das barras B2 e B3. A barra B se liga à barra A pelo disjuntor de interligação 52-900 (ou 52-100).

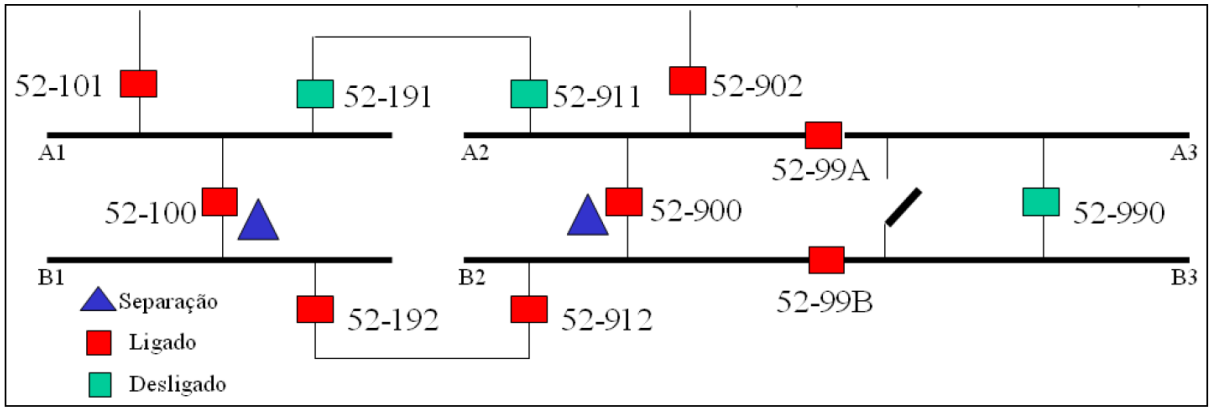
Figura 13 - Modo Operacional 8




Fonte: documentos da empresa.

O modo operacional 8 possibilita a parada da linha de interligação entre as barras B1 e B2 com os disjuntores 52-192 e 52-912, e as linhas da concessionária continuam ligadas às barras A1 e A2. A interligação entre as barras B1 e B2 é feita através dos disjuntores 52-191 e 52-911.

Figura 14 - Modo Operacional 9




Fonte: documentos da empresa.

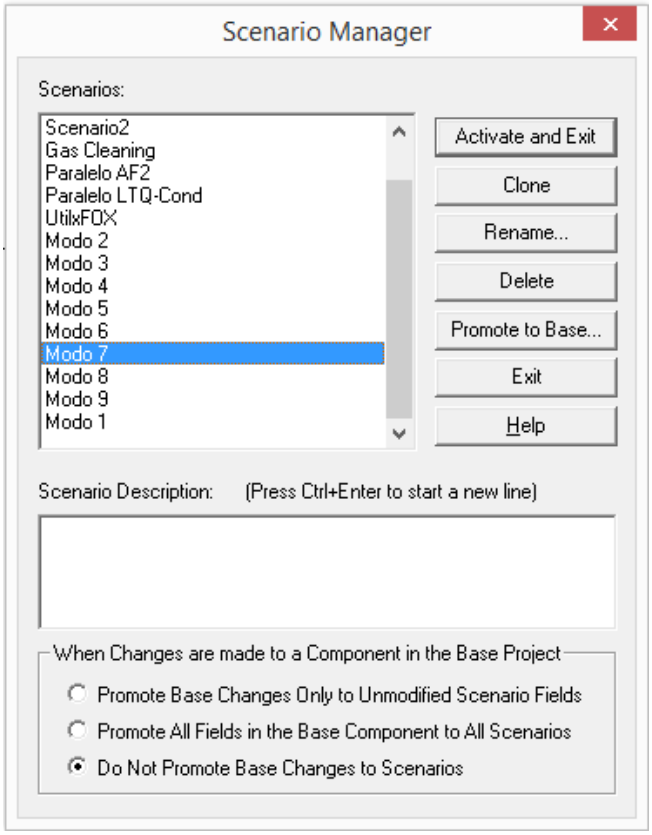
O modo operacional 9 é análogo ao 8, mas desativa a interligação entre A1 e A2 através dos disjuntores 52-191 e 52-911. Os disjuntores 52-192 e 52-912 são ligados novamente e a barra A é interligada à B através dos disjuntores de interligação (52-100 e 52-900 ou 52-990).

# 3. METODOLOGIA

## 3.1. Power Tools for Windows ®

A plataforma de simulação utilizada para os cálculos de energia incidente foi o *Power Tools for Windows*, da SKM *Systems Analysis, inc*. Foi utilizada a versão 7.0.2.4 (*Build 1*), e rodada a avaliação de arco elétrico (*Arc Flash Evaluation)*, com as opções de unidades métricas, energia incidente calculada em cal/cm² e fronteira de arco onde a energia incidente é igual a 1,2 cal/cm². Como são vários modos operacionais, 9 (nove) ao todo, foram criados vários cenários (*Scenarios)* no programa, um para cada modo operacional, tal que, no caso de serem necessárias novas simulações, cada modo operacional já estaria com seu esquema salvo, sem necessidade de modificar um cenário base toda vez que a simulação fosse refeita. O gerenciador de cenários está demonstrado a seguir.

Figura 15 - Gerenciador de Cenários, PTW

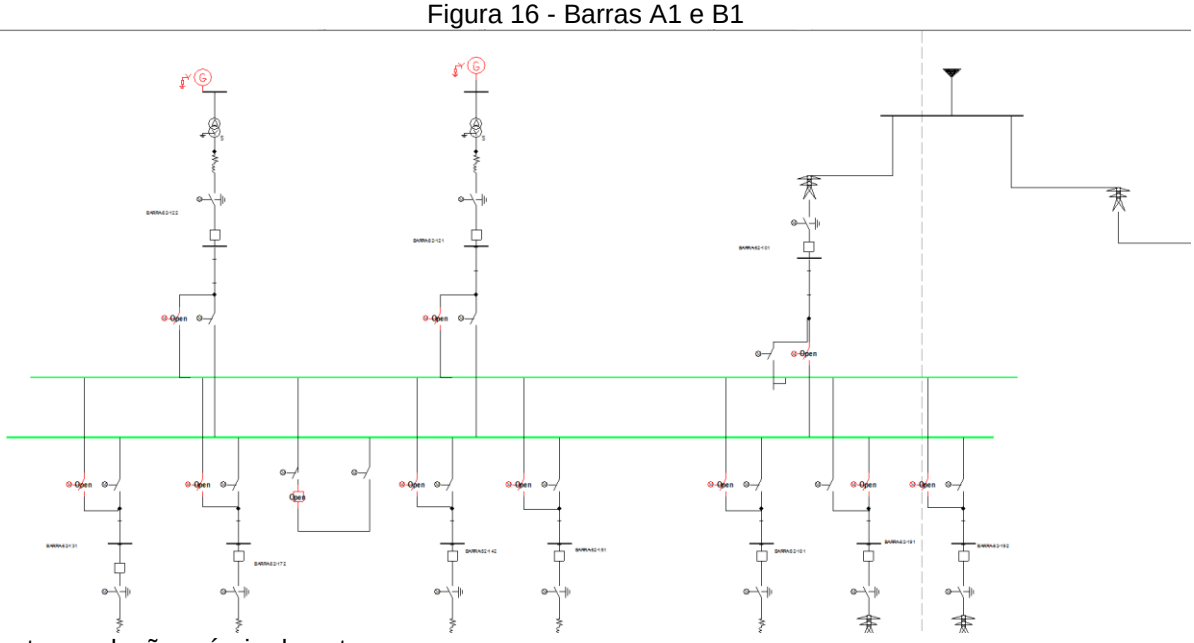



Fonte: Produção própria do autor.

A função *Arc Flash Evaluation* calcula a energia incidente em toda a extensão do esquema elétrico da empresa, a saber, 1079 pontos. Para cada barramento são levantados os seguintes parâmetros para o cálculo de energia incidente: tensão de barramento, corrente de falta franca[4], corrente de arco, *GAP* e distância de trabalho, além do tempo de extinção. Há ainda alguns dados que são omitidos pelo programa, como constantes para configurações de equipamento cercado ou ao ar, aterrados ou não, entre outros. Ao total, foram necessários 14 minutos e 30 segundos para o cálculo de cada simulação, quando calculada em toda a extensão do esquema. Como foram feitas 54 simulações, o tempo total gasto apenas com cálculos seria de mais de 13 horas, sem contar a preparação de cada modo operacional e ligar e desligar os geradores. Esse tempo é muito grande, pois deve-se ter em mente que é necessário a intervenção humana entre uma simulação e outra, como salvar os resultados e preparar as configurações para a próxima, ou seja, o tempo real é muito maior do que o tempo apenas para cálculo. Para contornar esse problema, foram utilizadas algumas técnicas para tornar essa parte mais rápida. Primeiro serão mostrados os esquemas da empresa no PTW e logo em seguida será explicado o que foi feito.

A seguir, seção do esquema da empresa no PTW.

Figura 16 - Barras A1 e B1



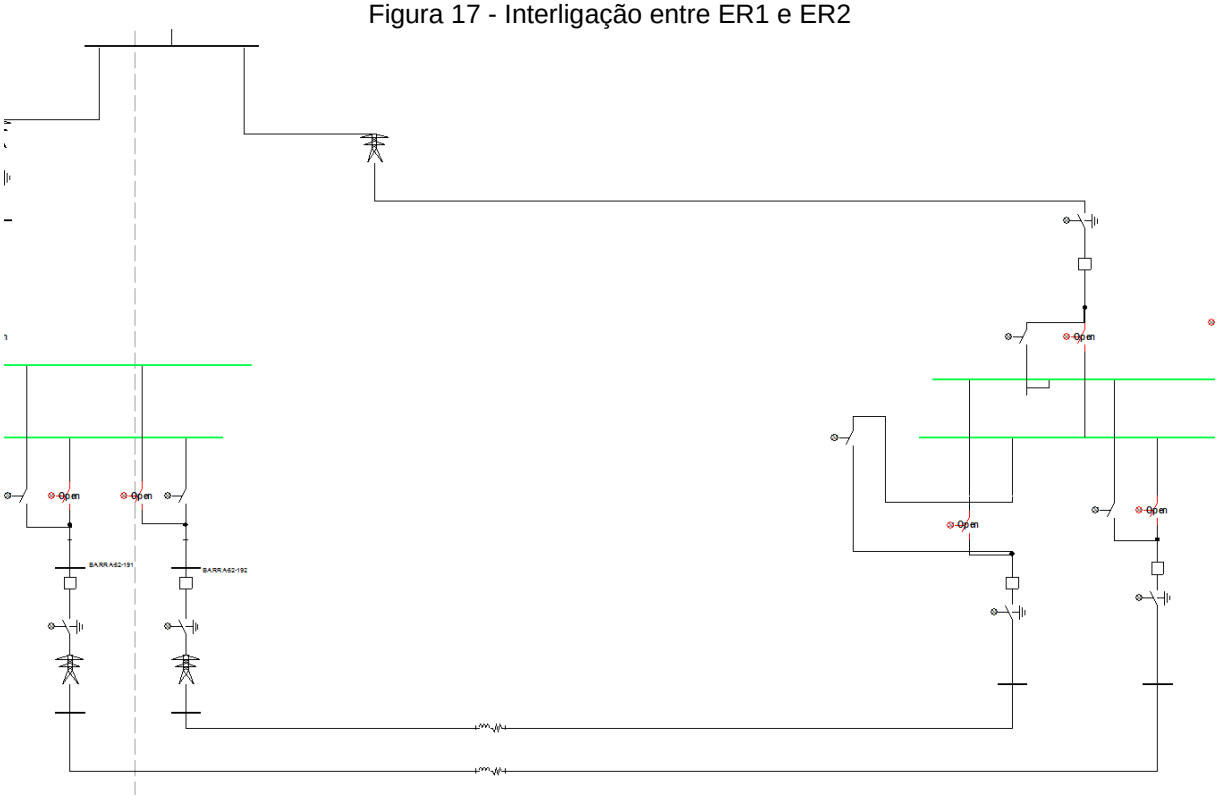
Fonte: produção própria do autor.

[4] É denominada corrente de falta franca a corrente no momento de falta entre dois condutores, onde a resistência é tratada como essencialmente zero (IEEE, 2002).

Em destaque na figura 16 estão as barras A1 e B1, de 138 kV (em verde, de cima para baixo, respectivamente). No topo da figura em vermelho estão os geradores G1 e G2, no canto superior direito estão as linhas da concessionária, sendo que a primeira está ligada à barra A1. As cargas do sistema estão ligadas à barra B1, bem como os geradores G1 e G2 quando em operação.

A seguir, linhas de interligação entre as estações recebedoras ER1 (barras A1 e B1) e ER2 (barras A2 e B2).

Figura 17 - Interligação entre ER1 e ER2

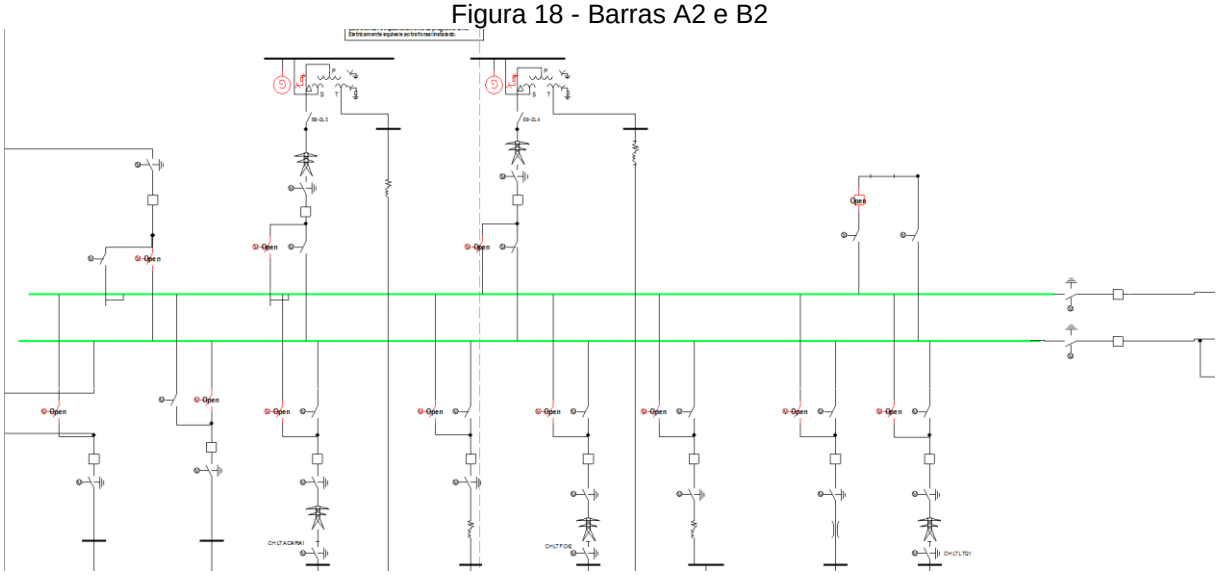



Fonte: produção própria do autor.

Na figura estão exibidas a segunda linha da concessionária na parte superior, ligada à barra A2. Na parte inferior estão as linhas de interligação de estações, conectadas a um banco de reatores para limitação de corrente de curto.

A seguir, foco nas barras A2 e B2 do sistema.

Figura 18 - Barras A2 e B2

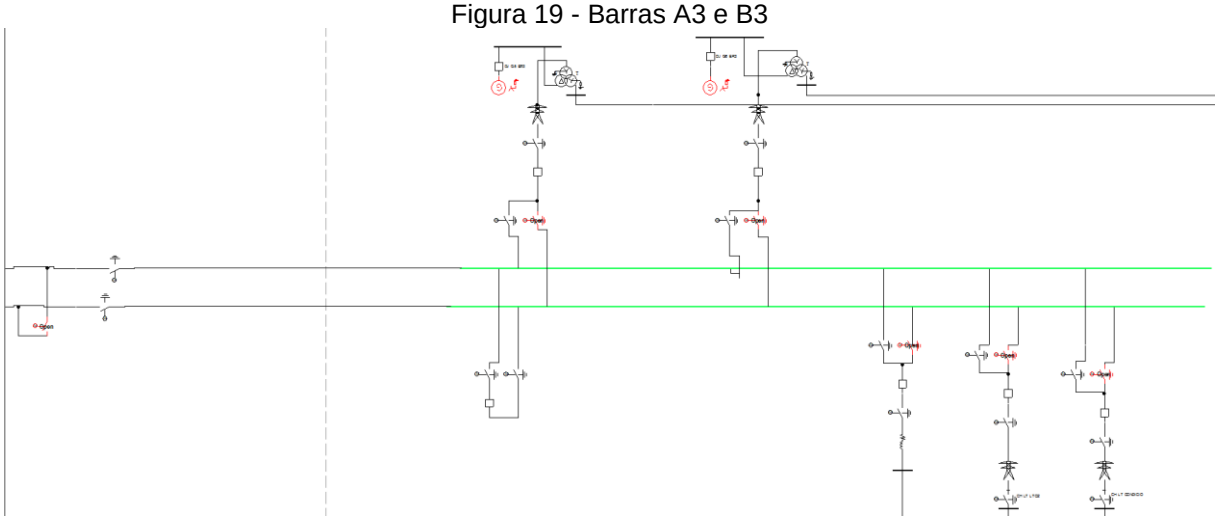


Fonte: produção própria do autor.

Na figura 18 estão representadas as barras A2 e B2 que compõem a estação recebedora 2. Em vermelho estão os geradores G3 e G4 conectados à barra B2 quando em operação, bem como as cargas do sistema. À direita, disjuntores para interligação das barras A3 e B3, da estação recebedora ER3.

Agora será exibida em foco a ER3.

Figura 19 - Barras A3 e B3

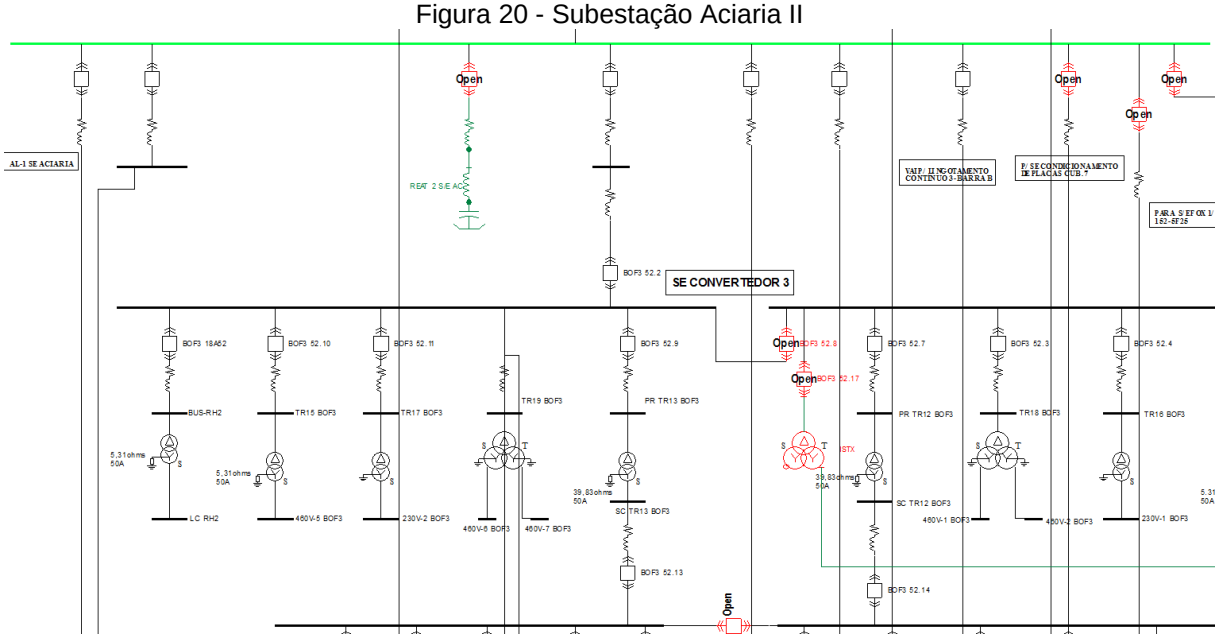


Fonte: produção própria do autor.

À esquerda a continuação da interligação com a ER2, geradores em vermelho conectados à barra A3, bem como as cargas do sistema.

A figura a seguir traz em foco uma subestação distribuidora de 13,8 kV.

Figura 20 - Subestação Aciaria II

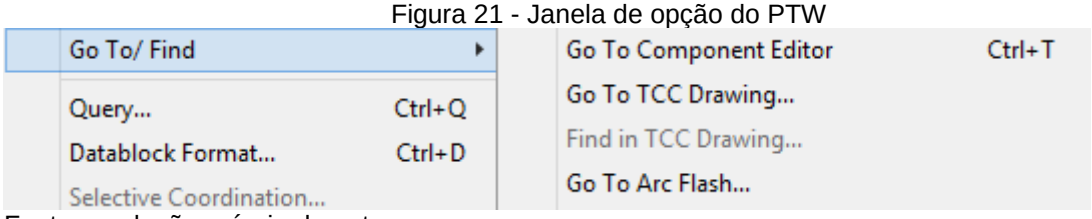



Fonte: produção própria do autor.

As outras subestações serão omitidas, pois a extensão do esquema da empresa é extremamente grande.

Para diminuir o tempo de simulação do sistema, apenas as barras que são de interesse foram analisadas. Para isso, as barras citadas foram selecionadas manualmente uma a uma e, logo após a seleção, utilizou-se a opção "*Go To / Find> Go To Arc Flash...*", sendo então calculadas a energia incidente apenas nelas. A seguir, figura que mostra a opção selecionada.

Figura 21 - Janela de opção do PTW



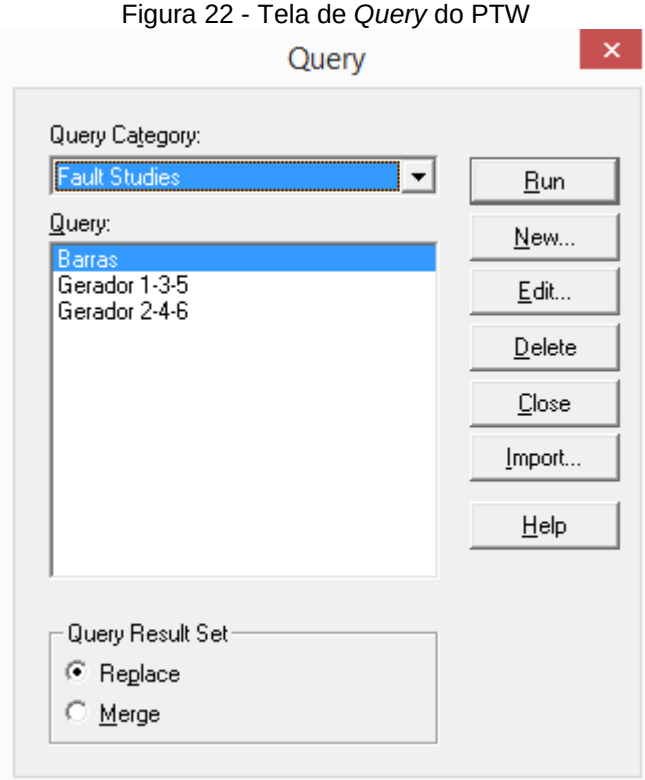

Fonte: produção própria do autor.

O tempo de simulação foi reduzido para apenas 1 minuto, em vez dos 14 minutos e 30 segundos iniciais.

Mas a seleção manual ainda é demorada, uma vez que havia a necessidade de seleção de 24 barramentos[5] entre mais de mil barramentos disponíveis, além de ser passível de erros, como selecionar barras a mais, ou a menos. Para contornar esse problema, o recurso *"Query"* do PTW foi utilizado. Esse mecanismo serve para a busca de elementos de acordo com condições inseridas pelo usuário. Dito isto, foi criada uma nova condição no programa, em que todas as barras de interesse eram selecionadas automaticamente apenas com poucos comandos, eliminando assim o fator de possibilidade de erros e diminuindo ainda mais o tempo entre uma simulação e outra. O mesmo foi feito para seleção dos geradores, pois tornava mais rápida a operação de ligar/desligar os geradores necessários.

A seguir, imagem da tela de *Query* do programa com as configurações criadas.

Figura 22 - Tela de *Query* do PTW




Fonte: produção própria do autor.

[5] Algumas subestações têm mais de uma barra. Fonte: modelo do PTW

Nenhuma alteração do sistema foi feita, exceto desligamento e ligamento de disjuntores e geradores para os casos de mudança de modo operacional. Todas as configurações e parâmetros da instalação elétrica vieram da empresa. O padrão escolhido para os cálculos no PTW foi da norma IEEE 1584.

### 3.2. As equações e configurações no PTW

A equação 1 traz o cálculo de corrente de arco para tensões abaixo de 1000 volts (V) (IEEE,2002):

$$lg\,(I_a) = K + 0{,}662\,lg\,(I_{Bf}) + 0{,}0966\,V + 0{,}000526\,G + 0{,}5588\,V\,lg\,(I_{Bf}) - 0{,}00304\,G\,lg\,(I_{Bf}) \quad (1)$$

- lg é o log10
- Ia é a corrente de arco (kA)
- K é –0,153 para configurações abertas e –0,097 para cubículos
- Ibf é a falta franca trifásica (RMS simétrico) (kA)
- V é a tensão do sistema (kV)
- G é a distância entre condutores (mm)

A equação 2 é aplicada para tensões acima de 1 kV e até 15 kV (IEEE,2002):

$$\lg I_a = 0{,}00402 + 0{,}983 \lg I_{bf} \quad (2)$$

Não há distinção entre configuração aberta ou fechada (cubículos) (IEEE, 2002).

A energia incidente então é calculada primeiro como energia incidente normalizada e só depois convertida. A energia incidente normalizada é definida pela IEEE 1584 como sendo de um arco com duração de 0,2 segundos e a 61 cm de um trabalhador e está exibida na equação 3.

$$\lg E_n = K1 + K2 + 1{,}081 \lg I_a + 0{,}0011\,G \quad (3)$$

- $E_n$ é a energia incidente (J/cm²) normalizada para tempo e distância
- K1 é –0.792 para configurações abertas (equipamento não cercado) e –0.555 para configurações de cubículo (equipamento cercado).
- K2 é 0 para sistemas não aterrados e sistemas aterrados por alta impedância e –0.113 para sistemas aterrados.
- G é a distância entre condutores (mm).

Após isso, a energia incidente é calculada como:

$$E_n = 10^{\lg E_n} \tag{4}$$

Então convertida da normalizada:

$$E = 4{,}184 C_f E_n \left(\frac{t}{0{,}2}\right)\left(\frac{610^x}{D^x}\right) \tag{5}$$

- E é a energia incidente (J/cm²).
- $C_f$ é o fator de cálculo. 1,0 para tensões acima de 1 kV e 1,5 para tensões menores ou iguais a 1 kV.
- $E_n$ é a energia incidente normalizada.
- t é o tempo de arco (segundos).
- D é a distância do arco até uma pessoa (mm).
- x é o expoente de distância.

O cálculo de fronteira de arco elétrico é mostrado a seguir:

$$D_B = \left[4{,}184 C_f E_n \left(\frac{t}{0{,}2}\right)\left(\frac{610^x}{E_B}\right)\right]^{\frac{1}{x}} \tag{6}$$

- $D_B$ é a fronteira de arco elétrico em mm com energia incidente de $E_B$
- $C_f$ é o fator de cálculo. 1,0 para tensões acima de 1 kV e 1,5 para tensões menores ou iguais a 1 kV.
- $E_n$ é a energia incidente normalizada.
- t é o tempo, em segundos.
- $E_B$ é a energia que causaria queimadura de segundo grau à pele sem proteção. $E_B$ = 5 J/cm²
- x é o expoente de distância

O quadro 3 traz informações de como os fatores G e x são escolhidos de acordo com a tensão do sistema que está sendo estudado e o tipo de equipamento onde as equações estão sendo aplicadas.

Quadro 3 - Fatores G e x das Equações

| Tensão do Sistema (kV) | Tipo de Equipamento | Distância típica entre condutores (mm) | Fator x de distância |
|---|---|---|---|
| 0,208-1 | Ao ar | 10-40 | 2,000 |
| | Comutadores | 32 | 1,473 |
| | CCM e painéis | 25 | 1,641 |
| | Cabo | 13 | 2,000 |
| >1-5 | Ao ar | 102 | 2,000 |
| | Comutadores | 13-102 | 0,973 |
| | Cabo | 13 | 2,000 |
| >5-15 | Ao ar | 13-153 | 2,000 |
| | Comutadores | 153 | 0,973 |
| | Cabo | 13 | 2,000 |

Fonte: (IEEE, 2002), tabela 4, traduzido pelo autor.

Todas as equações e informações sobre as mesmas estão descritas no guia IEEE 1584 (IEEE, 2002).

Para tensões acima de 15 kV, utiliza-se o Método de Lee (IEEE, 2002), que pode ser conferido na equação 7.

$$E = 2{,}142 * 10^6 V I_{bf} \left(\frac{t}{D^2}\right) \tag{7}$$

- E: Energia incidente (J/cm²).
- V: tensão do sistema (kV).
- t: tempo de extinção de arco (segundos).
- D: distância do possível arco à uma pessoa (mm).
- Ibf: a falta franca trifásica (RMS simétrico) (kA)

Para tensões acima de 15 kV, é considerado que a corrente de arco tem o mesmo valor da corrente de falta franca. (IEEE, 2002).

Fronteira do arco elétrico:

$$D_B = \sqrt{2{,}142 * 10^6 V I_{bf} \left(\frac{t}{E_B}\right)} \quad (8)$$

- $D_B$ é a fronteira de arco elétrico em mm
- $E_B$ é a energia que causaria queimadura de segundo grau à pele sem proteção. $E_B$ = 5 J/cm²
- V: tensão do sistema (kV).
- t: tempo de extinção de arco (segundos).
- Ibf: a falta franca trifásica (RMS simétrico) (kA)

O PTW já entrega as tensões nos barramentos, corrente franca e de arco, fronteira de arco e a energia incidente em seus relatórios. Todas as tensões dos barramentos avaliados são maiores ou iguais a 13,8 kV.

Segundo a IEEE 1584, o maior empenho que se tem em um estudo de risco de arco elétrico é levantar os dados em campo, sendo este considerado como metade do trabalho. Como a empresa em questão tem área de alguns milhões de metros quadrados e foram fornecidos os arquivos necessários ao PTW, além de ser inviável, esse levantamento fugiria do escopo do presente trabalho, que possui como foco principal levantar a relação da energia incidente com o seu tempo de extinção.

Os valores de k, G e x já foram determinados no momento de criação do modelo pela empresa e são internos ao PTW. Os valores G (*GAP)* e x (expoente de distância) são determinados de acordo com o tipo de equipamento e a tensão, utilizando o quadro 3. O valor de G é informado no relatório do arco elétrico. O valor de x pode ser verificado, pois o PTW informa o tipo de equipamento e sua tensão. Também é informado se o sistema é aterrado ou não (sistemas com aterramento de alta-impedância são considerados como não-aterrados), assim podendo todos os valores serem conferidos.

### 3.3. As simulações

Foram ao total 54 simulações, com 24 barras cada uma, resultando no montante de 1296 dados de energia incidente. Essa quantidade de simulações se deve ao número de modos operacionais, nove. Cada modo operacional foi simulado em três configurações diferentes, a saber: com nenhum gerador ligado, com um gerador ligado por subestação, e com dois geradores ligados por subestação, sendo assim, 9x3 = 27 simulações. Essa operação foi feita duas vezes: na primeira, utilizando uma melhor proteção, portanto, com menor tempo de extinção do arco, e na segunda, utilizando o tempo de extinção dos equipamentos já instalados na empresa, tendo assim os arcos uma duração maior.

Neste trabalho, quando é citada uma melhor proteção, refere-se à proteção contra arcos elétricos. Fala-se que é melhor, pois, tem sua atuação mais rápida que a proteção atual e também por proteger contra falsos *trips*[6], ou seja, atuando apenas quando realmente há a ocorrência de um arco elétrico. Essa proteção será explicada em detalhes na seção 3.4.

Segundo os documentos fornecidos, as barras de 138 kV são prioritárias, pois em caso de defeitos elétricos toda a produção da usina é afetada, logo, não somente os equipamentos são danificados, bem como o custo de uma falha deve incluir a perda financeira devido a parada de produção. A filosofia de proteção da empresa diz que os defeitos devem ser eliminados em 5 ciclos, ou 83 ms. Após isso alguns motores perdem sua estabilidade e provocam paradas de produção.

O tempo de abertura dos disjuntores de 138 kV é dado, e é igual a 3 ciclos, ou 50 ms. O relé tem como tempo de *trip* 22 ms, somando assim um tempo de eliminação de arco de 72 ms, que será utilizado para a simulação. Para o restante do sistema não foi informado nem o tempo de relé, nem o tempo do disjuntor. Como foi documentado, que, por terem configuração radial e não afetando outras áreas produtivas da empresa, foi adotado o critério mais econômico sob o aspecto de implantação de

[6] Comando de ativação do relé. *Trip* é mais comumente utilizado em linguagem técnica de proteção.

equipamentos, o autor escolheu utilizar tempos padrões de acordo com as normas encontradas no IEEE 1584.

A equação 9, definida pela IEC 60255, que pode ser conferida em (ALSTON GRID, 2011) foi empregada para se determinar o tempo a ser utilizado para os relés.

$$t(I) = \frac{TD}{7}\left(\frac{A}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^P - 1} + B\right) \tag{9}$$

- TD: *time dial.* Foi utilizado o valor unitário.
- t(I): tempo de *trip* (segundos).
- I: Corrente de falta.
- $I_s$: Corrente de atuação[7].
- A, B, P: constantes devido às características de curva selecionada.

Foi utilizado como corrente de atuação o valor de 1,5 vezes a corrente nominal, por ser considerada uma escolha sensata pelo autor. A escolha foi feita pensando que 50% a mais de corrente em um barramento de distribuição é suficiente para não causar *trips* acidentais de acordo com partida de motores, ou seja, não é baixa, e nem tão alta para que possam ocorrer falhas por superaquecimento ou de equipamentos mais sensíveis à corrente. A corrente de falta é fornecida pelo PTW.

O quadro 4 traz os valores das constantes e o modo da curva de corrente por tempo do relé.

Quadro 4 - Valores das constantes para cálculo de tempo de trip

| Característica | A | B | P |
|---|---|---|---|
| Moderadamente inversa | 0,0515 | 0,114 | 0,02 |
| Muito inversa | 19,61 | 0,491 | 2 |
| Extremamente inversa | 28,2 | 0,1217 | 2 |

Fonte: (BENMOUYAL et al, 1999), traduzido pelo autor.

[7] Corrente de *pickup*

A curva escolhida foi a moderadamente inversa, a qual o autor achou ser a melhor opção de acordo com a filosofia de proteção da empresa para os sistemas radiais e não vitais para o funcionamento da produção.

Para o tempo do disjuntor, a norma IEEE 1584 traz uma tabela com os valores típicos. Como todas as subestações restantes têm tensão de 13,8 kV ou 34,5 kV, o tempo informado para abertura do disjuntor é de 5 ciclos, ou 0,08 segundos (IEEE, 2002)

Com todos os parâmetros definidos, iniciaram-se as simulações para o caso do sistema já instalado na empresa.

Os resultados dessas simulações serão apresentados em forma de tabelas e gráficos. A seguir, serão mostrados os resultados para a simulação de arco elétrico para o modo operacional 1, para o método de proteção já instalado na empresa, variando o número de geradores ligados, com nenhum, um por barramento, ou dois por barramento, totalizando, respectivamente, 0, 3 e 6 geradores ligados.

O tempo total de extinção de arco para cada barramento está exposto no quadro 5. Os tempos demonstrados são a soma dos tempos de *trip* e abertura dos disjuntores, esse último, 5 ciclos.

As correntes utilizadas para o cálculo do tempo de *trip* foram as do modo operacional 2 com todos os geradores ligados. Desejou-se utilizar a configuração com todos os geradores, porque causam a maior corrente. O modo de operação escolhido foi arbitrário. A tabela pode ser conferida em apêndice.

Para todas as simulações com a proteção atual da empresa os tempos de extinção foram os mesmos para se poder traçar um comparativo. Os tempos não refletem o tempo real utilizado na empresa, com exceção das estações recebedoras ER1, ER2 e ER3, onde os tempos foram fornecidos. Deve-se ter em mente que em uma situação real, o tempo de *trip* de um relé de proteção contra sobrecorrente varia com a corrente de falta, sendo que faltas de maiores amplitudes produzem menores tempos de extinção e faltas mais brandas produzem um tempo maior. Dito isto, é necessário

entender que uma falta menor nem sempre leva a uma energia incidente menor (BARKHORDAR, 2010).

Quadro 5 - Tempo de extinção dos Arcos

| Nome do Barramento | Tempo de extinção (s) |
|---|---|
| BAR COMUM FOX | 0,237 |
| BAR UTILIDADES | 0,232 |
| BAR1 S/E SINTE | 0,252 |
| BAR2 S/E SINTE | 0,238 |
| BARRA 1 - FOX3 | 0,239 |
| BARRA 1 ACIAR. | 0,239 |
| BARRA 1 FOX | 0,244 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 0,241 |
| BARRA 2 - FOX3 | 0,239 |
| BARRA 2 ACIAR. | 0,244 |
| BARRA 2 AF1 | 0,226 |
| BARRA 2 FOX | 0,239 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 0,241 |
| BARRA AF2 | 0,326 |
| BARRA I AF1 | 0,226 |
| BARRA LTQ 1 | 0,243 |
| BARRA RUG | 0,501 |
| BARRA1 SE FOX | 0,219 |
| S/E CONDICION. | 0,245 |

Fonte: produção própria do autor.

Nesse tempo de extinção não estão incluídos possíveis atrasos causados por questões de seletividade.

Para as barras de 138 kV, composta pelas barras A e B das estações recebedoras ER1, ER2 e ER3, o tempo total é de 72 ms.

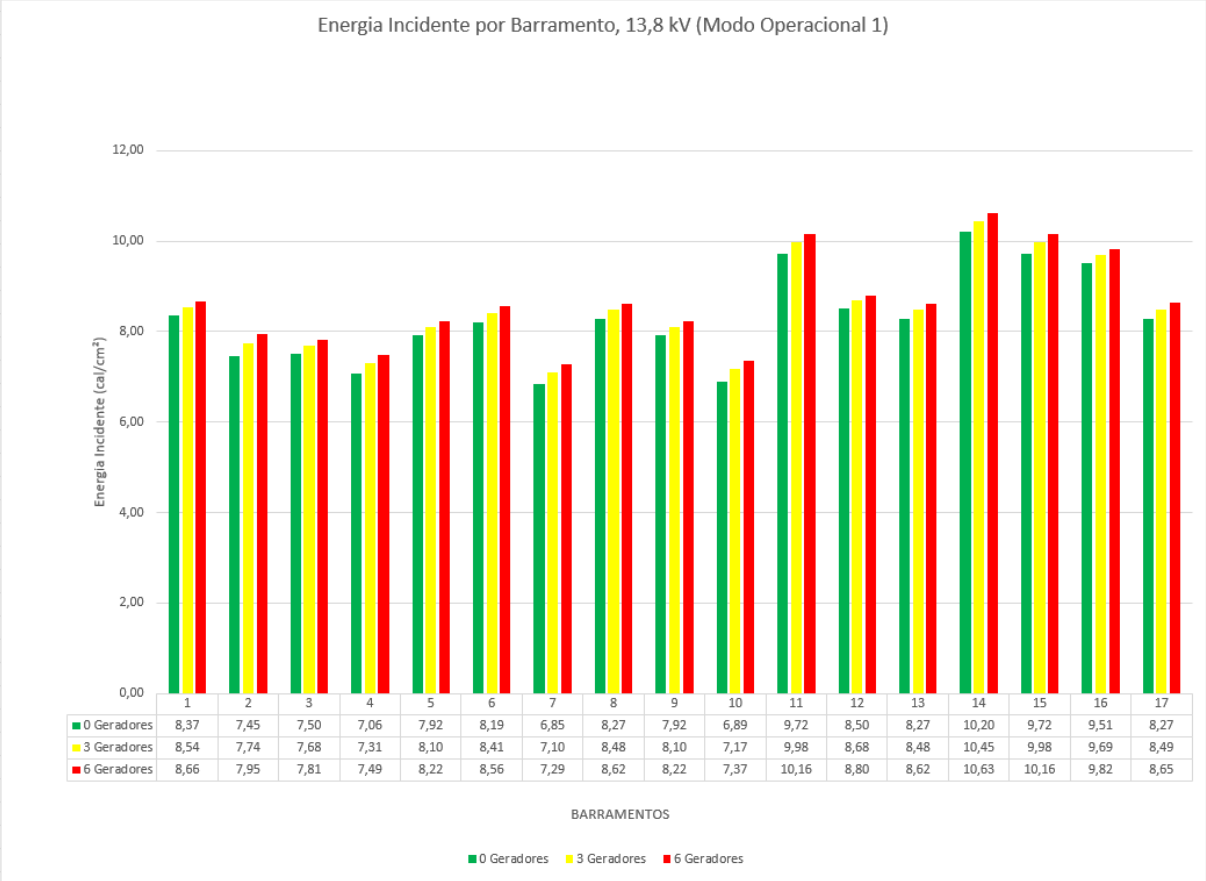
O número de geradores influencia no valor da corrente de arco, por isso há o aumento da energia incidente, já que o tempo de extinção e a tensão não mudam.

### 3.3.1. Resultados para a proteção atual do sistema, modo operacional 1

Esta seção traz os resultados das simulações com o tempo de eliminação do arco atual da empresa, para o modo operacional 1. A configuração do modo operacional 1 pode ser verificada na figura 6.

O gráfico 12 traz a relação da energia incidente em função do número de geradores ligados durante a simulação, no modo operacional 1. Apenas estão exibidos os barramentos de 13,8 kV, identificados por números de 1 a 17.

Gráfico 12 – Energia Incidente no modo operacional 1, proteção atual da empresa, barramentos de 13,8 kV




| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 Geradores | 8,37 | 7,45 | 7,50 | 7,06 | 7,92 | 8,19 | 6,85 | 8,27 | 7,92 | 6,89 | 9,72 | 8,50 | 8,27 | 10,20 | 9,72 | 9,51 | 8,27 |
| 3 Geradores | 8,54 | 7,74 | 7,68 | 7,31 | 8,10 | 8,41 | 7,10 | 8,48 | 8,10 | 7,17 | 9,98 | 8,68 | 8,48 | 10,45 | 9,98 | 9,69 | 8,49 |
| 6 Geradores | 8,66 | 7,95 | 7,81 | 7,49 | 8,22 | 8,56 | 7,29 | 8,62 | 8,22 | 7,37 | 10,16 | 8,80 | 8,62 | 10,63 | 10,16 | 9,82 | 8,65 |

Fonte: produção do próprio autor.

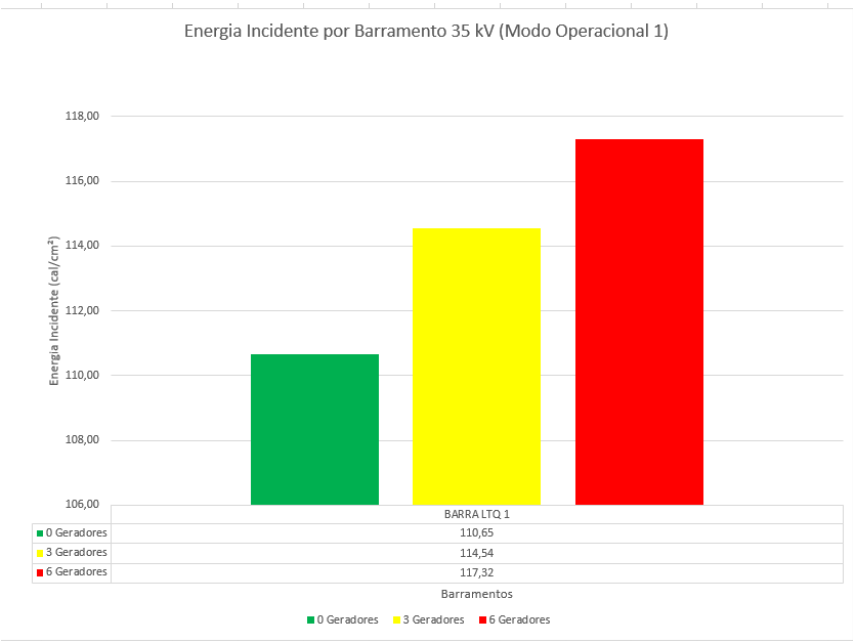
O gráfico 13 traz as mesmas informações do gráfico 12, mas para a única barra de 35 kV[8] estudada. Pelos valores de sua energia incidente, não foi possível adicioná-la nos resultados para as barras de 13,8 kV, pois deformaria a escala apresentada e a

[8] O PTW informa a tensão como 35 kV, em vez de 34,5 kV como informado pela empresa. Para as simulações será seguida a definição do PTW.

mesma perderia o propósito, que é de trazer a informação de forma clara e de rápida compreensão.

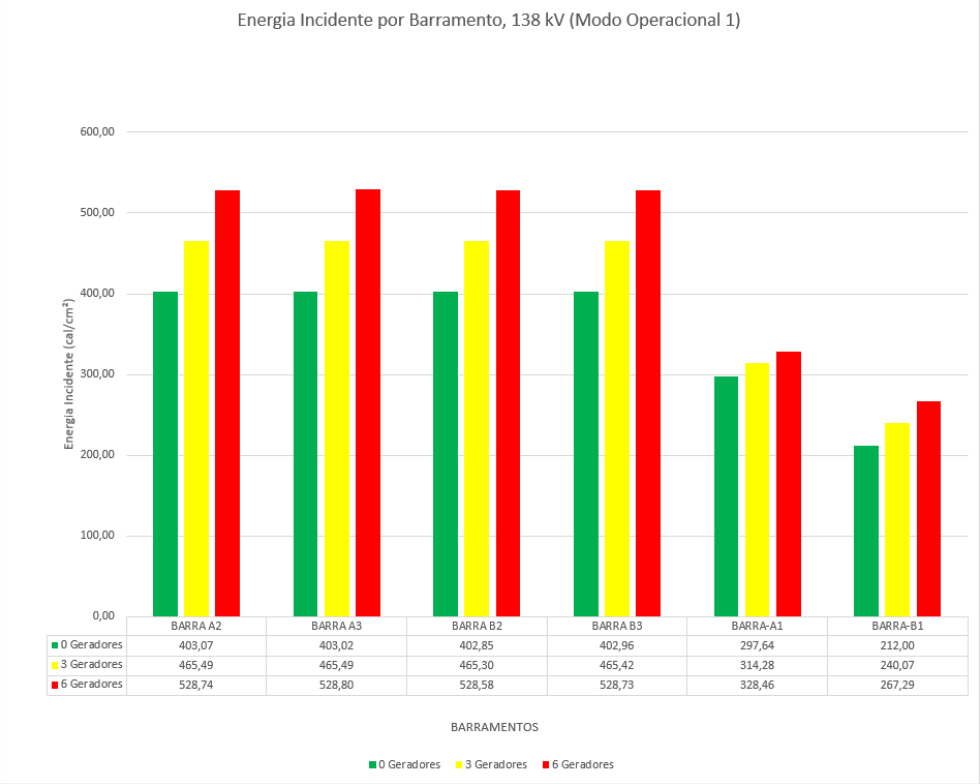
O mesmo se aplica para os barramentos de 138 kV que serão exibidos mais a frente, logo, há de se tratar a barra de 35 kV de forma isolada dos outros barramentos, no que diz respeito à apresentação gráfica. O gráfico 14 traz as informações para os barramentos de 138 kV.

Gráfico 13 - Energia Incidente no modo operacional 1, proteção atual da empresa, barramento de 35 kV




Fonte: produção do próprio autor.

Gráfico 14 - Energia Incidente no modo operacional 1, proteção atual da empresa, barramentos de 138 kV




Fonte: produção do próprio autor.

Além dos gráficos, foram utilizadas também tabelas para uma melhor compreensão dos números e como estes estariam dispostos, pois o grande volume de informação torna inviável a apresentação de todos os dados levantados nesse trabalho, visto que seriam de leitura difícil e maçante. Esses dados estão dispostos em apêndice ao final do trabalho.

A seguir, um compilado dos levantamentos para o modo operacional 1. Estão exibidos os nomes dos barramentos, suas tensões, número de geradores ligados no momento da simulação e as respectivas energias incidentes. Para uma maior clareza da relação entre o número de geradores e a energia incidente, foram levantadas informações estatísticas, como a média e o desvio padrão em cada barramento para cada caso e o aumento de energia nos casos extremos, ou seja, o aumento percentual que ocorre quando se tem nenhum gerador ligado, bem como com todos geradores ligados.

Tabela 3 - Levantamento de dados estatísticos, modo operacional 1, proteção atual da empresa

| MODO OPERACIONAL 1 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Número de Geradores | | | | | | | |
| Nome do Barramento | Tensão do Barramento (kV) | 0 | 3 | 6 | Média | Desvio padrão | Aumento de Energia - Mínimo para Máximo (%) |
| | | Energia Incidente (cal/cm²) | | | | | |
| BAR COMUM FOX | 13,8 | 8,37 | 8,54 | 8,66 | 8,52 | 0,12 | 3,38 |
| BAR UTILIDADES | 13,8 | 7,45 | 7,74 | 7,95 | 7,71 | 0,20 | 6,18 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,8 | 7,50 | 7,68 | 7,81 | 7,66 | 0,13 | 3,95 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,8 | 7,06 | 7,31 | 7,49 | 7,29 | 0,18 | 5,72 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,8 | 7,92 | 8,10 | 8,22 | 8,08 | 0,12 | 3,67 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,8 | 8,19 | 8,41 | 8,56 | 8,39 | 0,15 | 4,27 |
| BARRA 1 FOX | 13,8 | 6,85 | 7,10 | 7,29 | 7,08 | 0,18 | 6,03 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,8 | 8,27 | 8,48 | 8,62 | 8,46 | 0,14 | 4,08 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,8 | 7,92 | 8,10 | 8,22 | 8,08 | 0,12 | 3,67 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,8 | 6,89 | 7,17 | 7,37 | 7,14 | 0,19 | 6,44 |
| BARRA 2 AF1 | 13,8 | 9,72 | 9,98 | 10,16 | 9,95 | 0,18 | 4,33 |
| BARRA 2 FOX | 13,8 | 8,50 | 8,68 | 8,80 | 8,66 | 0,12 | 3,42 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,8 | 8,27 | 8,48 | 8,62 | 8,46 | 0,14 | 4,08 |
| BARRA AF2 | 13,8 | 10,20 | 10,45 | 10,63 | 10,43 | 0,17 | 4,01 |
| BARRA I AF1 | 13,8 | 9,72 | 9,98 | 10,16 | 9,96 | 0,18 | 4,33 |
| BARRA RUG | 13,8 | 9,51 | 9,69 | 9,82 | 9,67 | 0,13 | 3,13 |
| S/E CONDICION. | 13,8 | 8,27 | 8,49 | 8,65 | 8,47 | 0,16 | 4,37 |
| BARRA LTQ 1 | 35 | 110,65 | 114,54 | 117,32 | 114,17 | 2,73 | 5,68 |
| BARRA A2 | 138 | 403,07 | 465,49 | 528,74 | 465,77 | 51,30 | 23,77 |
| BARRA A3 | 138 | 403,02 | 465,49 | 528,80 | 465,77 | 51,35 | 23,79 |
| BARRA B2 | 138 | 402,85 | 465,30 | 528,58 | 465,58 | 51,33 | 23,79 |
| BARRA B3 | 138 | 402,96 | 465,42 | 528,73 | 465,71 | 51,34 | 23,79 |
| BARRA-A1 | 138 | 297,64 | 314,28 | 328,46 | 313,46 | 12,59 | 9,38 |
| BARRA-B1 | 138 | 212,00 | 240,07 | 267,29 | 239,79 | 22,57 | 20,68 |

Fonte: produção do próprio autor.

Pode-se inferir a partir do levantamento anterior, que, para os barramentos de 13,8 kV, o desvio padrão dos três casos é bem baixo, mostrando pouca influência do número de geradores sobre a energia incidente, bem como o aumento da energia mínima para máximo, ficando na maior parte dos barramentos por volta de 4%, e nunca chegando a 7%, assim como na barra de 35 kV.

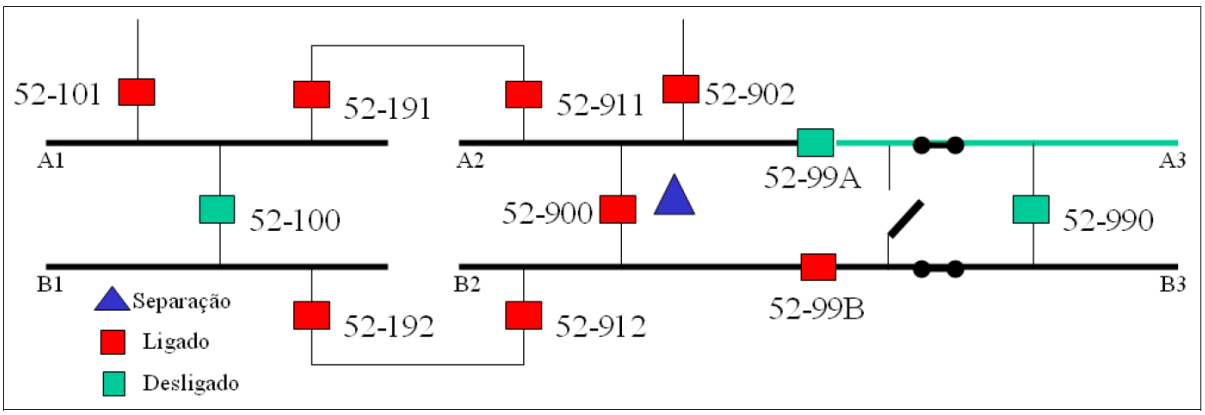
Para os barramentos de 138 kV tem-se a situação contrária. Valores elevados para o desvio padrão, mesmo considerando que a energia incidente tem maiores amplitudes nesses barramentos. A elevação percentual é bem considerável e, excetuando a barra A1, todas são por volta de 23%, mostrando a grande influência que o número de geradores tem sobre a energia. Isso é de se esperar, pois são as barras ligadas aos geradores. Há de ser ressaltado que o tempo de extinção foi mantido constante para todas as configurações dos geradores.

Com exceção dos modos operacionais 6 e 7, que têm uma grande variação de energia em função da quantidade de geradores, os outros modos seguem o mesmo comportamento do modo operacional 1. Tendo isso em vista, aqui serão colocados em foco os modos operacionais 1 e 6 (o modo 7 é análogo ao 6). Deve-se ter em mente que a energia incidente em cada modo pode mudar, mas seu comportamento é semelhante em relação à variação do número de geradores. Percentualmente as diferenças da energia para a mesma barra entre os modos são pequenas. Os relatórios do PTW podem ser conferidos em apêndice.

### 3.3.2. Resultados para a proteção atual do sistema, modo operacional 6

Serão apresentados nesta seção os resultados para a proteção atual do sistema de proteção da empresa, especificamente no modo operacional 6. A seguir está uma figura revelando a organização dos equipamentos para o referido modo.

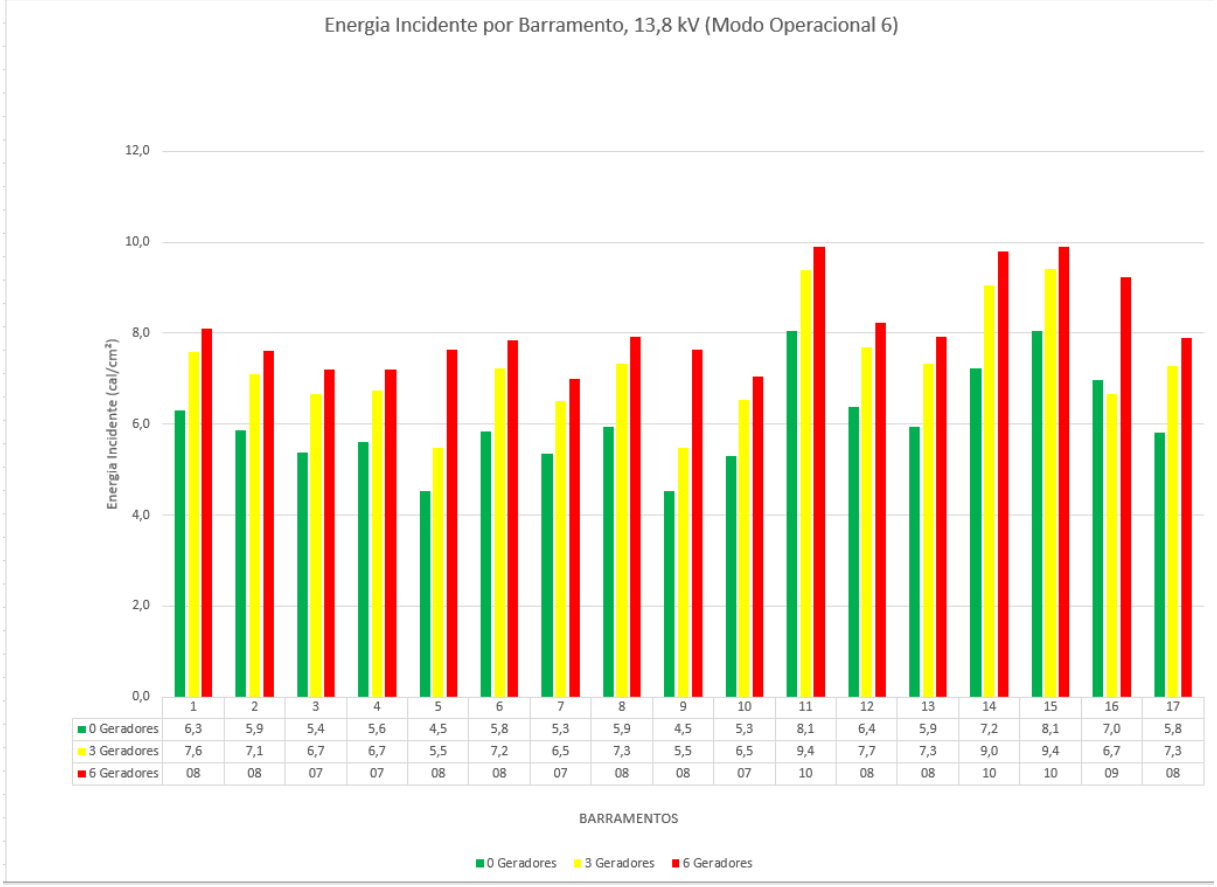
Figura 23 - Modo operacional 6




Fonte: documentos da empresa.

Seguindo o mesmo roteiro da seção anterior, estão apresentados os resultados de forma tratada das simulações. A seguir, os valores da energia incidente nos barramentos de 13,8 kV.

Gráfico 15 - Energia Incidente no modo operacional 6, proteção atual da empresa, barramentos de 13,8 kV

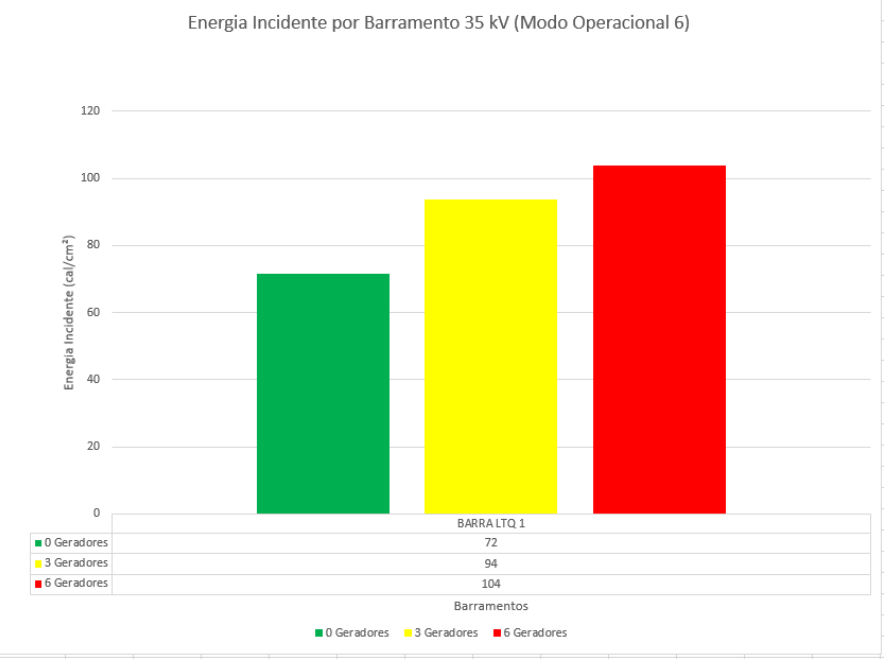



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 Geradores | 6,3 | 5,9 | 5,4 | 5,6 | 4,5 | 5,8 | 5,3 | 5,9 | 4,5 | 5,3 | 8,1 | 6,4 | 5,9 | 7,2 | 8,1 | 7,0 | 5,8 |
| 3 Geradores | 7,6 | 7,1 | 6,7 | 6,7 | 5,5 | 7,2 | 6,5 | 7,3 | 5,5 | 6,5 | 9,4 | 7,7 | 7,3 | 9,0 | 9,4 | 6,7 | 7,3 |
| 6 Geradores | 08 | 08 | 07 | 07 | 08 | 08 | 07 | 08 | 08 | 07 | 10 | 08 | 08 | 10 | 10 | 09 | 08 |

Fonte: produção própria do autor.

O gráfico 16 traz as informações da energia incidente para o barramento de 35 kV.

Gráfico 16 - Energia Incidente no modo operacional 6, proteção atual da empresa, barramento de 35 kV

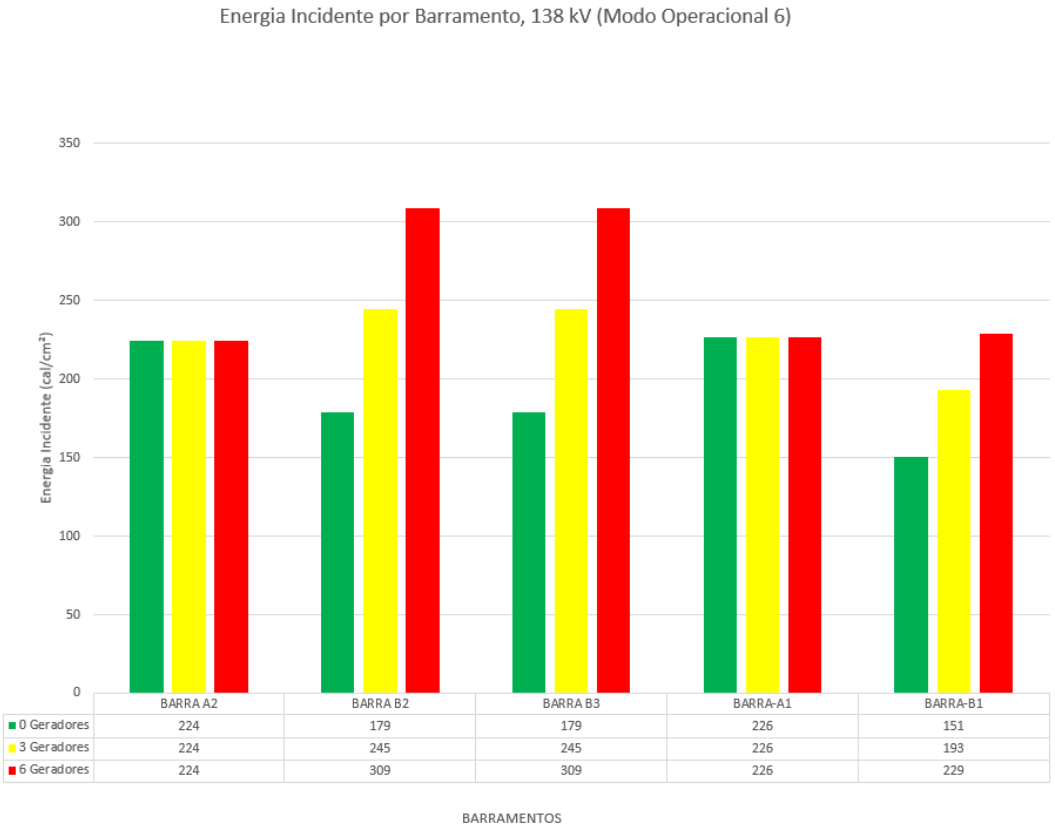



| | BARRA LTQ 1 |
|---|---|
| 0 Geradores | 72 |
| 3 Geradores | 94 |
| 6 Geradores | 104 |

Fonte: produção própria do autor.

A seguir, gráfico contendo as informações para os barramentos de 138 kV.

Gráfico 17 - Energia Incidente no modo operacional 6, proteção atual da empresa, barramentos de 138 kV




Fonte: produção própria do autor.

Deve ser observado que no modo operacional 6 há a retirada de uma das barras ligadas aos geradores, a barra A3, que pode ser conferido na figura 11. Logo, os dois geradores que nela deveriam estar ligados são transferidos para a barra B3. Isso explica o aumento da energia incidente em nível tão elevado que apresentado no gráfico 17. A tabela 4 traz o tratamento estatístico dos resultados.

Tabela 4 - Levantamento de dados estatísticos, modo operacional 6, proteção atual da empresa

| MODO OPERACIONAL 6 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Número de Geradores | | | | | | | |
| Nome do Barramento | Tensão do Barramento (kV) | 0 | 3 | 6 | Média | Desvio padrão | Aumento de Energia - Mínimo para Máximo (%) |
| | | Energia Incidente (cal/cm²) | | | | | |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 6,3 | 7,6 | 8,1 | 7,33 | 0,76 | 22,20 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 5,9 | 7,1 | 7,6 | 6,86 | 0,73 | 22,99 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 5,4 | 6,7 | 7,2 | 6,42 | 0,76 | 25,22 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 5,6 | 6,7 | 7,2 | 6,52 | 0,67 | 22,24 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 4,5 | 5,5 | 7,6 | 5,89 | 1,30 | 40,65 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 5,8 | 7,2 | 7,8 | 6,98 | 0,83 | 25,38 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 5,3 | 6,5 | 7,0 | 6,29 | 0,69 | 23,55 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 5,9 | 7,3 | 7,9 | 7,07 | 0,83 | 25,11 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 4,5 | 5,5 | 7,6 | 5,88 | 1,30 | 40,65 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 5,3 | 6,5 | 7,0 | 6,29 | 0,73 | 24,69 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 8,1 | 9,4 | 9,9 | 9,12 | 0,78 | 18,58 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 6,4 | 7,7 | 8,2 | 7,43 | 0,77 | 22,40 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 5,9 | 7,3 | 7,9 | 7,07 | 0,83 | 25,11 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 7,2 | 9,0 | 9,8 | 8,69 | 1,08 | 26,16 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 8,1 | 9,4 | 9,9 | 9,12 | 0,78 | 18,58 |
| BARRA RUG | 13,80 | 6,7 | 7,0 | 9,2 | 7,64 | 1,13 | 27,37 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 5,8 | 7,3 | 7,9 | 6,99 | 0,88 | 26,59 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 72 | 94 | 104 | 89,72 | 13,50 | 31,13 |
| BARRA A2 | 138 | 224 | 224 | 224 | 224,17 | 0,00 | 0,00 |
| BARRA B2 | 138 | 179 | 245 | 309 | 244,09 | 52,95 | 42,02 |
| BARRA B3 | 138 | 179 | 245 | 309 | 244,04 | 52,94 | 42,02 |
| BARRA-A1 | 138 | 226 | 226 | 226 | 226,41 | 0,00 | 0,00 |
| BARRA-B1 | 138 | 151 | 193 | 229 | 190,94 | 32,06 | 34,22 |

Fonte: produção do próprio autor.

Nota-se que o aumento da energia incidente é bem elevado, todos acima dos 20% nas barras de 13,8 kV e 35 kV, chegando a marca de 40,65%. Nas barras de 138 kV não há mudança para as barras A2 e A1, enquanto as barras B1, B2 e B3 apresentam uma grande variação.

### 3.4. Proteção contra arco escolhida

Para se verificar quais efeitos que a variação do tempo de extinção de arco elétrico tem sobre a energia incidente, foi escolhido um método de proteção para a redução

deste. Há de se ressaltar que alterar o tempo de atuação da proteção não é o único método de redução da energia incidente (BUFF e ZIMMERMAN, 2007), mas neste trabalho o foco é de se levantar a relação entre a energia e o tempo, não tendo em vista escolher a proteção que mais reduziria a energia incidente. Ademais, a variação de dois parâmetros ao mesmo tempo dificultaria a percepção dos efeitos de cada um separadamente.

Como os próprios documentos da empresa afirmam que os disjuntores para as barras de 138 kV têm apenas 3 ciclos como tempo de abertura, bem abaixo do padrão da IEEE 1584, de 8 ciclos, e que a proteção para os sistemas das demais subestações não são de necessidade vital e foram escolhidos a partir do aspecto econômico, o autor irá focar apenas na mudança dos relés.

A tecnologia escolhida para ser aprofundada foi a de detecção óptica do arco elétrico, por ser o modo mais rápido de se detectar um arco (KUMPULAINEN e DAHL, 2010). Outras abordagens foram estudadas, mas por serem mais lentas, foram consideradas como não ideais para o que aqui fora proposto (ZELLER e SCHEER, 2008). A detecção do arco, nesses casos, é feita com sensores ópticos aliados às sobrecorrentes para dar o comando de *trip*.

Como citado anteriormente neste trabalho, a luz gerada por um evento de arco chega a ordem de alguns milhões de lux (SEL,201-), podendo ser detectada através de fibras ópticas. Os sensores são instalados nos barramentos, por exemplo, e então conectados ao relé que tenha suporte a essa função. Para áreas grandes, é utilizada a fibra óptica descoberta. Para espaços pequenos ou confinados, utiliza-se sensor de lente, que é um cabo de fibra óptica coberta e com lentes nas duas pontas. Quando na ocorrência de um arco, a luz irá causar a fibra a dar um sinal de presença. Esse sinal pode ser detectado em pouquíssimos milissegundos (ZELLER e SCHEER, 2008).

Para evitar o comando de *trip* acidental, que poderia ser causado por um flash de uma câmera, laser, ou LED, sempre é recomendado o uso conjunto da função de detecção de sobrecorrente. Assim, no caso de um arco elétrico, a luz é detectada com muito

pouco tempo e é verificado então a presença de sobrecorrente para confirmar que realmente é um arco elétrico que está acontecendo. Após a confirmação o relé dá o comando de abertura do disjuntor (ZELLER e SCHEER, 2008).

Os elementos de sobrecorrente utilizados em relés digitais são os 50PAF e 50NAF, com o intuito de se obter tempo de *trip* menores. O elemento 50PAF trata-se da proteção de sobrecorrente de fase instantânea de alta velocidade para detecção de arco voltaico. O 50NAF é o elemento de sobrecorrente de neutro instantânea de alta velocidade para detecção de arco voltaico. Para serem utilizadas, a opção *Arc-Flash Detection* (AFD) do relé deve estar habilitada. (SEL, 2017)

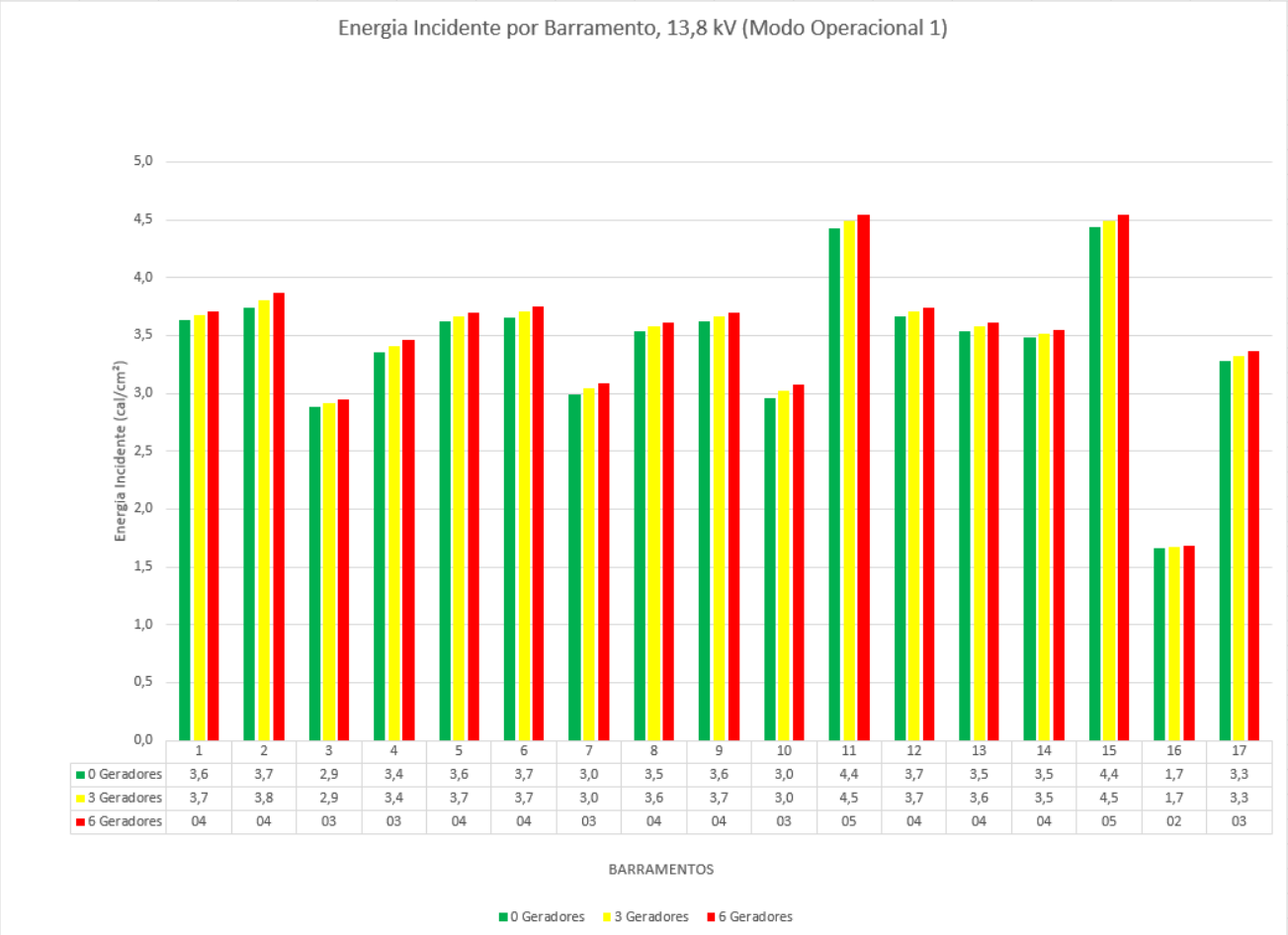
Esses elementos são separados daqueles que se baseiam em correntes de curtos-circuitos. A corrente que ativa o *trip* é obtida através de amostras das correntes do alimentador e, utilizando um algoritmo de detecção rápida, envia um sinal que ocorreu uma falta. Essa falta, junto à detecção dos sensores ópticos, dá o comando de *trip* para arco elétrico, caso a condição de luminosidade excessiva seja atendida. (ROCHA et al, 2011)

Para as simulações, o tempo de *trip* utilizado foi de 2,5 ms, o mesmo utilizado no artigo de (ROCHA et al, 2011). Esse tempo será igual para todos os barramentos. Os tempos dos disjuntores não foram mudados, a saber, para os barramentos com tensão menores que 138 kV, 5 ciclos, ou 83,33 ms, e para os barramentos de 138 kV, 3 ciclos, ou 50 ms. O tempo total de extinção de arco é a soma do tempo de *trip* com o tempo de abertura dos disjuntores.

### 3.4.1. Resultados para a proteção contra arco, modo operacional 1

Esta seção é análoga à seção 3.3.1., com a única diferença sendo o tempo de extinção do arco elétrico. A seguir, o primeiro gráfico trazendo os resultados para essa proteção nos barramentos de 13,8 kV.

Gráfico 18 - Energia Incidente no modo operacional 1, proteção contra arco otimizada, barramentos de 13,8 kV

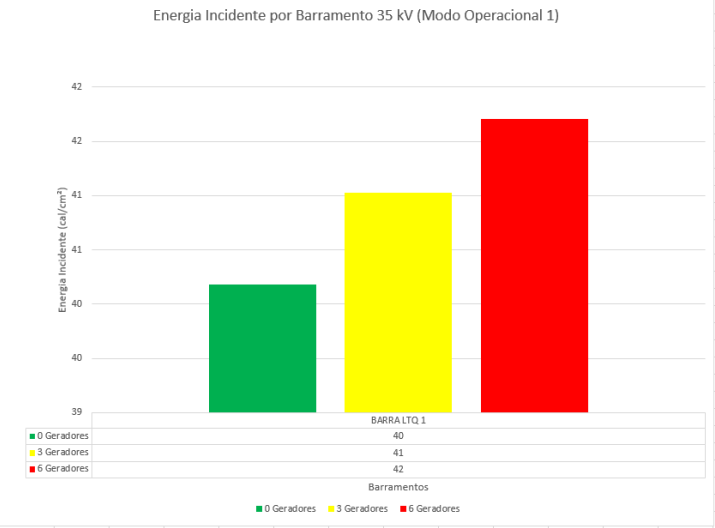



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 Geradores | 3,6 | 3,7 | 2,9 | 3,4 | 3,6 | 3,7 | 3,0 | 3,5 | 3,6 | 3,0 | 4,4 | 3,7 | 3,5 | 3,5 | 4,4 | 1,7 | 3,3 |
| 3 Geradores | 3,7 | 3,8 | 2,9 | 3,4 | 3,7 | 3,7 | 3,0 | 3,6 | 3,7 | 3,0 | 4,5 | 3,7 | 3,6 | 3,5 | 4,5 | 1,7 | 3,3 |
| 6 Geradores | 04 | 04 | 03 | 03 | 04 | 04 | 03 | 04 | 04 | 03 | 05 | 04 | 04 | 04 | 05 | 02 | 03 |

Fonte: produção própria do autor.

O gráfico 19 traz os resultados para o barramento de 35 kV.

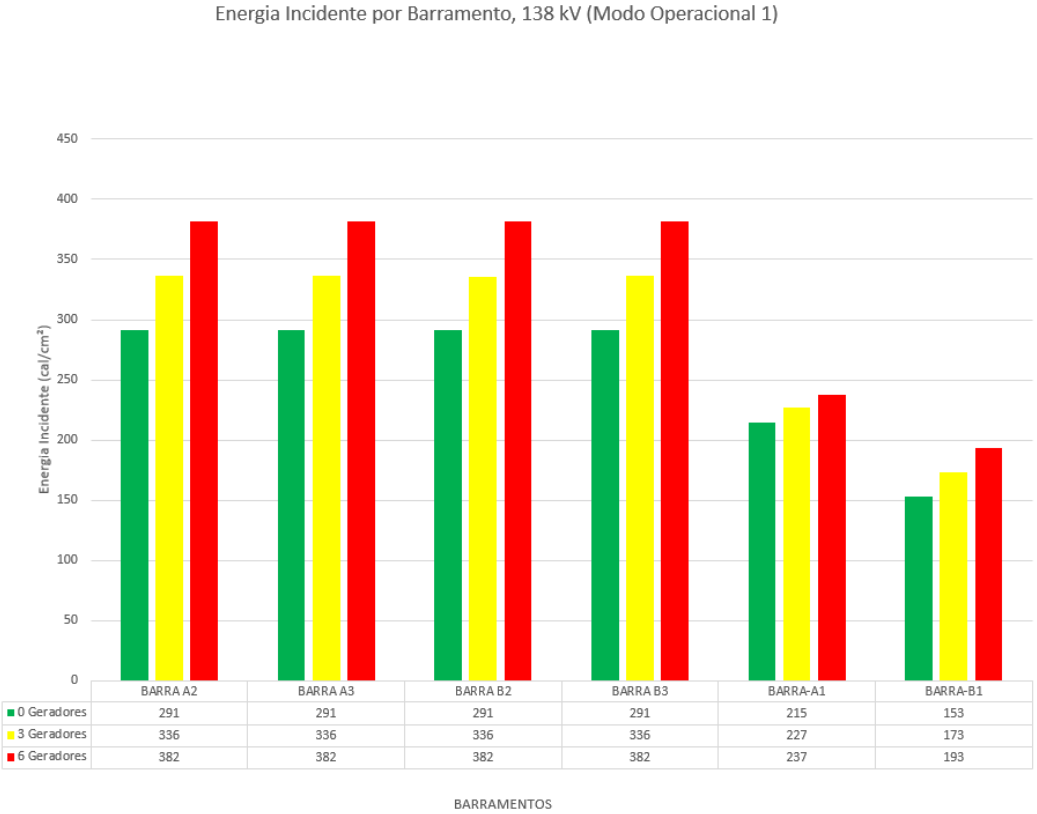
Gráfico 19 - Energia Incidente no modo operacional 1, proteção contra arco otimizada, barramento de 35 kV




Fonte: produção própria do autor.

O gráfico 20 está relacionado aos barramentos de 138 kV.

Gráfico 20 - Energia Incidente no modo operacional 1, proteção contra arco otimizada, barramentos de 138 kV




| | BARRA A2 | BARRA A3 | BARRA B2 | BARRA B3 | BARRA-A1 | BARRA-B1 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 Geradores | 291 | 291 | 291 | 291 | 215 | 153 |
| 3 Geradores | 336 | 336 | 336 | 336 | 227 | 173 |
| 6 Geradores | 382 | 382 | 382 | 382 | 237 | 193 |

Fonte: produção própria do autor.

Como os gráficos mostram, os valores de energia incidente estão bem abaixo do que os das simulações feitas para o sistema já instalado na empresa, devido à alta velocidade com que os arcos são extintos. Há de se ressaltar que apenas a variável tempo foi modificada em relação às simulações anteriores. Os valores de tensão e corrente de arco continuam os mesmos em cada barra, comparando-se o mesmo modo e o número de geradores ligados. Os resultados estão de acordo com o esperado, de queda da amplitude de energia. A tabela a seguir traz uma análise estatística dos números.

Tabela 5 - Levantamento de dados estatísticos, modo operacional 1, proteção contra arco otimizada

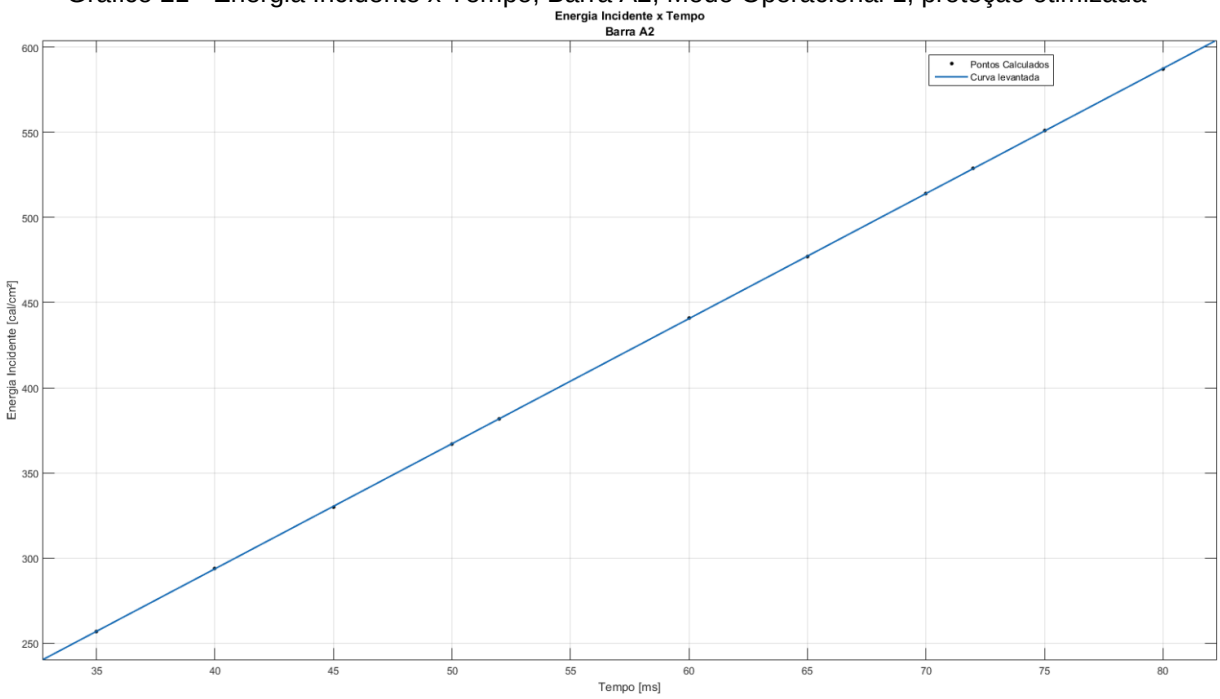
| MODO OPERACIONAL 1 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Número de Geradores | | | | | | | |
| Nome do Barramento | Tensão do Barramento (kV) | 0 | 3 | 6 | Média | Desvio padrão | Aumento de Energia - Mínimo para Máximo (%) |
| | | Energia Incidente (cal/cm²) | | | | | |
| BAR COMUM FOX | 13,8 | 3,6 | 3,7 | 3,7 | 3,67 | 0,03 | 1,90 |
| BAR UTILIDADES | 13,8 | 3,7 | 3,8 | 3,9 | 3,80 | 0,05 | 3,36 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,8 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,92 | 0,03 | 2,31 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,8 | 3,4 | 3,4 | 3,5 | 3,41 | 0,04 | 3,09 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,8 | 3,6 | 3,7 | 3,7 | 3,66 | 0,03 | 1,98 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,8 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,70 | 0,04 | 2,38 |
| BARRA 1 FOX | 13,8 | 3,0 | 3,0 | 3,1 | 3,04 | 0,04 | 3,37 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,8 | 3,5 | 3,6 | 3,6 | 3,57 | 0,03 | 2,24 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,8 | 3,6 | 3,7 | 3,7 | 3,66 | 0,03 | 1,98 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,8 | 3,0 | 3,0 | 3,1 | 3,02 | 0,05 | 3,66 |
| BARRA 2 AF1 | 13,8 | 4,4 | 4,5 | 4,5 | 4,49 | 0,04 | 2,41 |
| BARRA 2 FOX | 13,8 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,70 | 0,03 | 1,91 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,8 | 3,5 | 3,6 | 3,6 | 3,57 | 0,03 | 2,24 |
| BARRA AF2 | 13,8 | 3,5 | 3,5 | 3,6 | 3,52 | 0,03 | 2,04 |
| BARRA I AF1 | 13,8 | 4,4 | 4,5 | 4,5 | 4,49 | 0,04 | 2,41 |
| BARRA RUG | 13,8 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,67 | 0,01 | 1,78 |
| S/E CONDICION. | 13,8 | 3,3 | 3,3 | 3,4 | 3,32 | 0,03 | 2,47 |
| BARRA LTQ 1 | 35 | 40 | 41 | 42 | 40,97 | 0,63 | 3,66 |
| BARRA A2 | 138 | 291 | 336 | 382 | 336,39 | 37,05 | 23,77 |
| BARRA A3 | 138 | 291 | 336 | 382 | 336,39 | 37,09 | 23,79 |
| BARRA B2 | 138 | 291 | 336 | 382 | 336,25 | 37,07 | 23,79 |
| BARRA B3 | 138 | 291 | 336 | 382 | 336,34 | 37,08 | 23,79 |
| BARRA-A1 | 138 | 215 | 227 | 237 | 226,39 | 9,09 | 9,38 |
| BARRA-B1 | 138 | 153 | 173 | 193 | 173,18 | 16,30 | 20,68 |

Fonte: produção própria do autor.

A seguir, um gráfico feito no *Matlab* mostrando a energia incidente no barramento A2 em função do tempo. A configuração escolhida foi o modo operacional 1 e com todos os geradores ligados. A curva foi gerada utilizando-se a ferramenta *Curve Fitting* do *Matlab.* Foram calculadas a energia incidente na barra A2 utilizando o PTW, para diversos tempos de extinção. Após isso, com esses dados de energia incidente e tempo, o *Matlab* traçou uma curva que se ajusta em cima desses pontos, trazendo assim um levantamento gráfico da linearidade da energia incidente em relação ao tempo.

Também foi mostrado que, para um tempo de extinção de apenas 10 ms a mais que a proteção atual, ou seja, 82 ms, a energia incidente seria de aproximadamente 600 cal/cm².

Gráfico 21 - Energia Incidente x Tempo, Barra A2, Modo Operacional 1, proteção otimizada



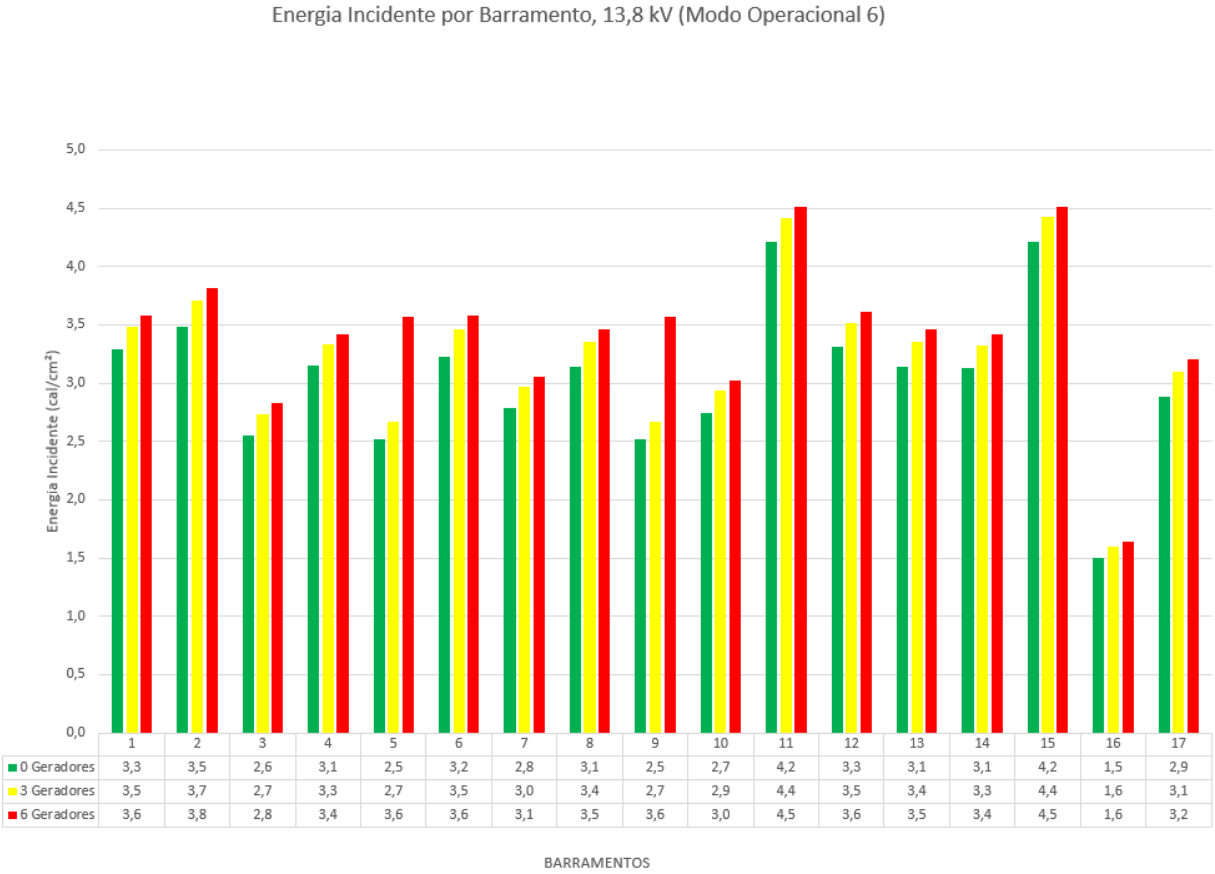

Fonte: produção própria do autor.

A equação gerada pelo *Matlab* foi uma equação linear de forma f(x) = p1*x+p2. Os coeficientes, com limites de confiança de 95%, são 7,342 e 0,04074 para p1 e p2, respectivamente. Tem como somatória dos erros quadrados igual a 0,9405, o que significa que a curva gerada está ajustada de maneira ótima com os dados. Quanto mais perto de 0 esse valor, melhor.

### 3.4.2. Resultados para a proteção contra arco, modo operacional 6

Esta seção é análoga à seção 3.3.2., mas com os tempos de extinção de arco reduzidos. O próximo gráfico mostrará os resultados obtidos para as tabelas de 13,8 kV.

Gráfico 22 - Energia Incidente no modo operacional 6, proteção contra arco otimizada, barramentos de 13,8 kV

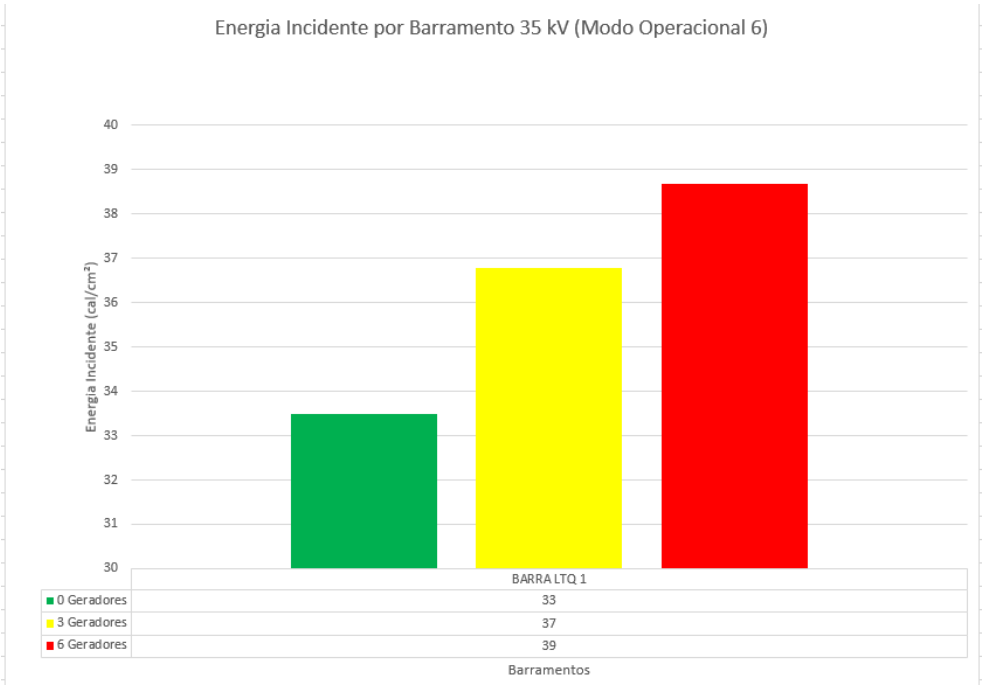



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 Geradores | 3,3 | 3,5 | 2,6 | 3,1 | 2,5 | 3,2 | 2,8 | 3,1 | 2,5 | 2,7 | 4,2 | 3,3 | 3,1 | 3,1 | 4,2 | 1,5 | 2,9 |
| 3 Geradores | 3,5 | 3,7 | 2,7 | 3,3 | 2,7 | 3,5 | 3,0 | 3,4 | 2,7 | 2,9 | 4,4 | 3,5 | 3,4 | 3,3 | 4,4 | 1,6 | 3,1 |
| 6 Geradores | 3,6 | 3,8 | 2,8 | 3,4 | 3,6 | 3,6 | 3,1 | 3,5 | 3,6 | 3,0 | 4,5 | 3,6 | 3,5 | 3,4 | 4,5 | 1,6 | 3,2 |

Fonte: produção própria do autor.

O gráfico 23 traz os resultados para a barra de 35 kV.

Gráfico 23 - Energia Incidente no modo operacional 6, proteção contra arco otimizada, barramento de 35 kV

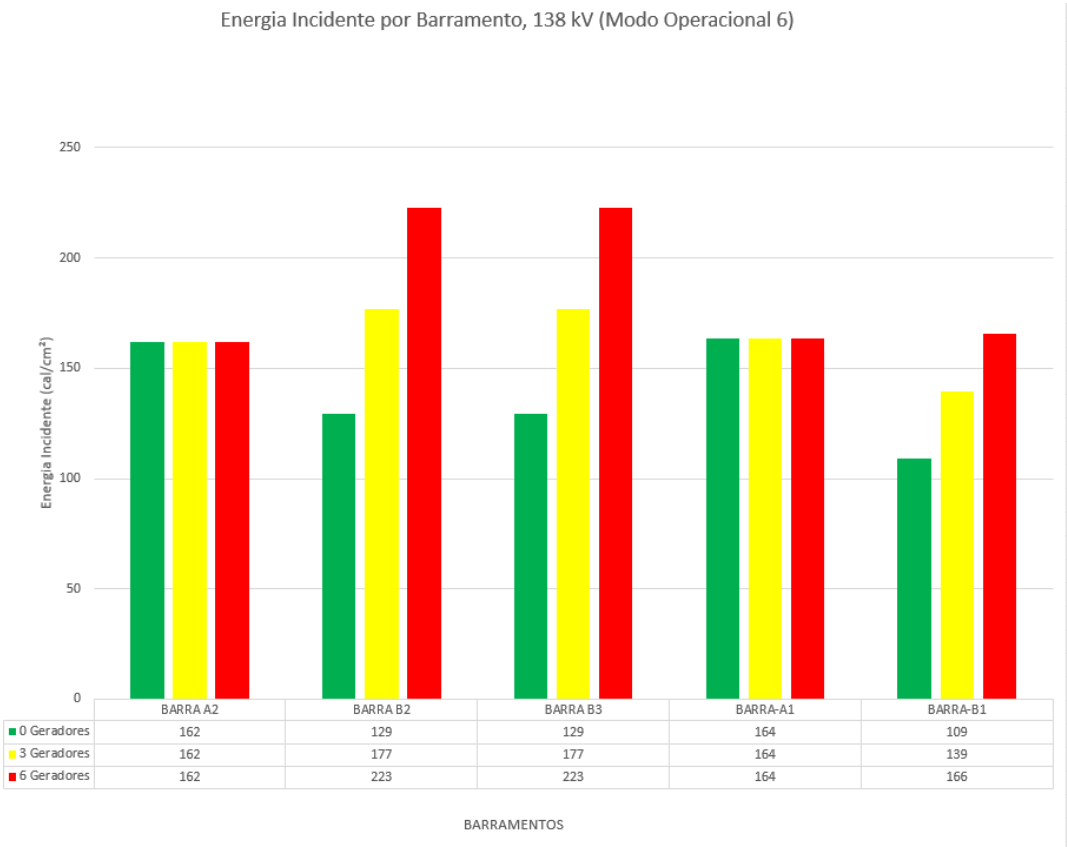



| | BARRA LTQ 1 |
|---|---|
| 0 Geradores | 33 |
| 3 Geradores | 37 |
| 6 Geradores | 39 |

Fonte: produção própria do autor.

O gráfico 24 exibe a simulação nos barramentos de 138 kV.

Gráfico 24 - Energia Incidente no modo operacional 6, proteção contra arco otimizada, barramentos de 138 kV




Fonte: produção própria do autor.

A seguir será exibida uma tabela com o tratamento estatístico dos dados levantados durante as simulações e será feita posteriormente uma análise referente a esses números.

Tabela 6 - Levantamento de dados estatísticos, modo operacional 6, proteção contra arco otimizada

| MODO OPERACIONAL 6 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Número de Geradores | | | | | |
| Nome do Barramento | Tensão do Barramento (kV) | 0 | 3 | 6 | Média | Desvio padrão | Aumento de Energia - Mínimo para Máximo (%) |
| | | Energia Incidente (cal/cm²) | | | | | |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 3,3 | 3,5 | 3,6 | 3,45 | 0,12 | 8,24 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 3,5 | 3,7 | 3,8 | 3,67 | 0,14 | 8,61 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,70 | 0,11 | 9,61 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 3,1 | 3,3 | 3,4 | 3,30 | 0,11 | 8,07 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 2,5 | 2,7 | 3,6 | 2,92 | 0,46 | 29,47 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 3,2 | 3,5 | 3,6 | 3,42 | 0,15 | 9,78 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 2,8 | 3,0 | 3,1 | 2,93 | 0,11 | 8,64 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 3,1 | 3,4 | 3,5 | 3,32 | 0,13 | 9,37 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 2,5 | 2,7 | 3,6 | 2,92 | 0,46 | 29,47 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 2,7 | 2,9 | 3,0 | 2,90 | 0,12 | 9,24 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 4,2 | 4,4 | 4,5 | 4,38 | 0,13 | 6,69 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 3,3 | 3,5 | 3,6 | 3,48 | 0,12 | 8,31 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 3,1 | 3,4 | 3,5 | 3,32 | 0,13 | 9,37 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 3,1 | 3,3 | 3,4 | 3,29 | 0,12 | 8,69 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 4,2 | 4,4 | 4,5 | 4,38 | 0,13 | 6,69 |
| BARRA RUG | 13,80 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,58 | 0,05 | 7,92 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 2,9 | 3,1 | 3,2 | 3,06 | 0,13 | 10,10 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 33 | 37 | 39 | 36,32 | 2,15 | 13,46 |
| BARRA A2 | 138 | 162 | 162 | 162 | 161,90 | 0,00 | 0,00 |
| BARRA B2 | 138 | 129 | 177 | 223 | 176,29 | 38,25 | 42,02 |
| BARRA B3 | 138 | 129 | 177 | 223 | 176,25 | 38,24 | 42,02 |
| BARRA-A1 | 138 | 164 | 164 | 164 | 163,52 | 0,00 | 0,00 |
| BARRA-B1 | 138 | 109 | 139 | 166 | 137,90 | 23,15 | 34,22 |

Fonte: produção própria do autor.

Verifica-se que o comportamento da energia incidente se mostra mais estável, com menores variações nas barras abaixo de 138 kV de acordo com o número de geradores.

Para as barras de 138 kV, a diferença entre valor máximo e mínimo se manteve percentualmente. Isso é explicado em razão dos tempos de extinção do arco e seu comportamento linear em relação à energia incidente. As barras de 138 kV têm todas o mesmo tempo, enquanto as outras não, pois o tempo de *trip* na proteção atual depende de fatores como a relação de corrente de ativação da proteção e corrente de arco.

No caso das barras ligadas aos geradores, o tempo do equipamento atual é de 72 ms, ao passo que o tempo para o equipamento de proteção contra arco é de 52 ms, o que significa uma redução de 27,78%, e esse decréscimo também ocorre na energia incidente, logo o percentual permanece o mesmo se comparado à proteção atual da empresa. Mas para o caso de segurança o que importa são os valores absolutos e que podem ser claramente verificados que têm amplitudes muito menores na proteção contra arco (NFPA, 2017) (MTE, 2016).

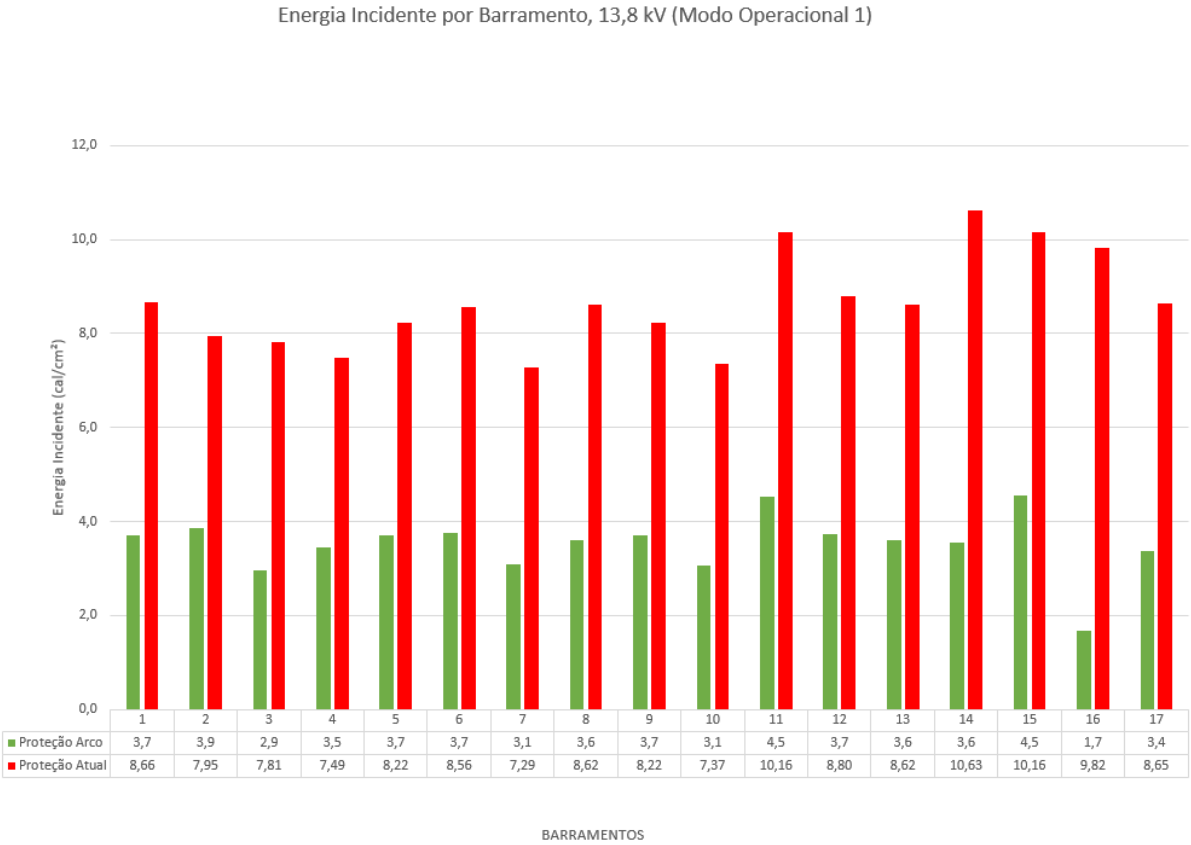
### 3.5. Comparação direta dos resultados

Gráficos e tabelas mostrando diretamente as comparações entre a proteção atual da empresa e a proteção contra arco serão exibidos em seguida. As análises foram feitas utilizando a configuração com todos os geradores ligados, pois esta produz o maior nível de energia incidente.

#### 3.5.1. Modo operacional 1

A seguir, comparação para o modo operacional 1 nos barramentos de 13,8 kV.

Gráfico 25 - Comparação das proteções no modo operacional 1, 13,8 kV

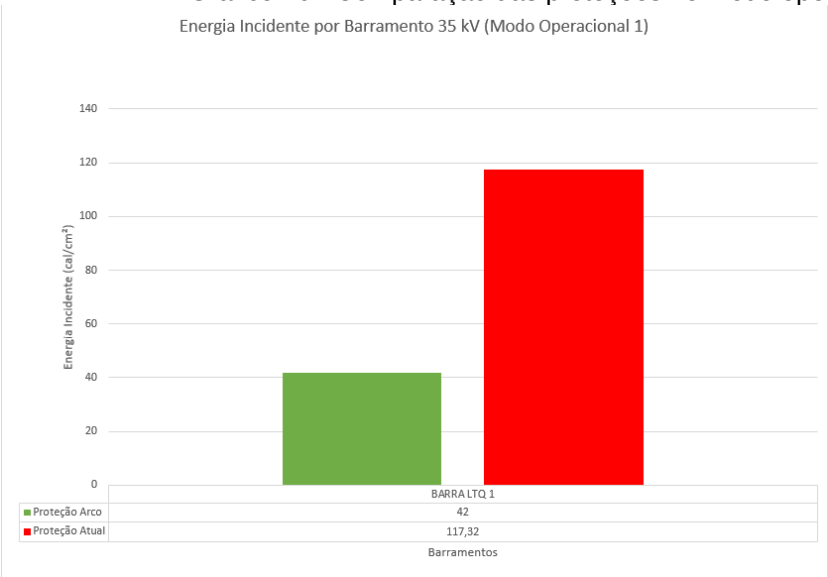



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Proteção Arco | 3,7 | 3,9 | 2,9 | 3,5 | 3,7 | 3,7 | 3,1 | 3,6 | 3,7 | 3,1 | 4,5 | 3,7 | 3,6 | 3,6 | 4,5 | 1,7 | 3,4 |
| Proteção Atual | 8,66 | 7,95 | 7,81 | 7,49 | 8,22 | 8,56 | 7,29 | 8,62 | 8,22 | 7,37 | 10,16 | 8,80 | 8,62 | 10,63 | 10,16 | 9,82 | 8,65 |

Fonte: produção própria do autor.

O mesmo foi feito para o barramento de 35 kV. Resultado a seguir, no gráfico 26.

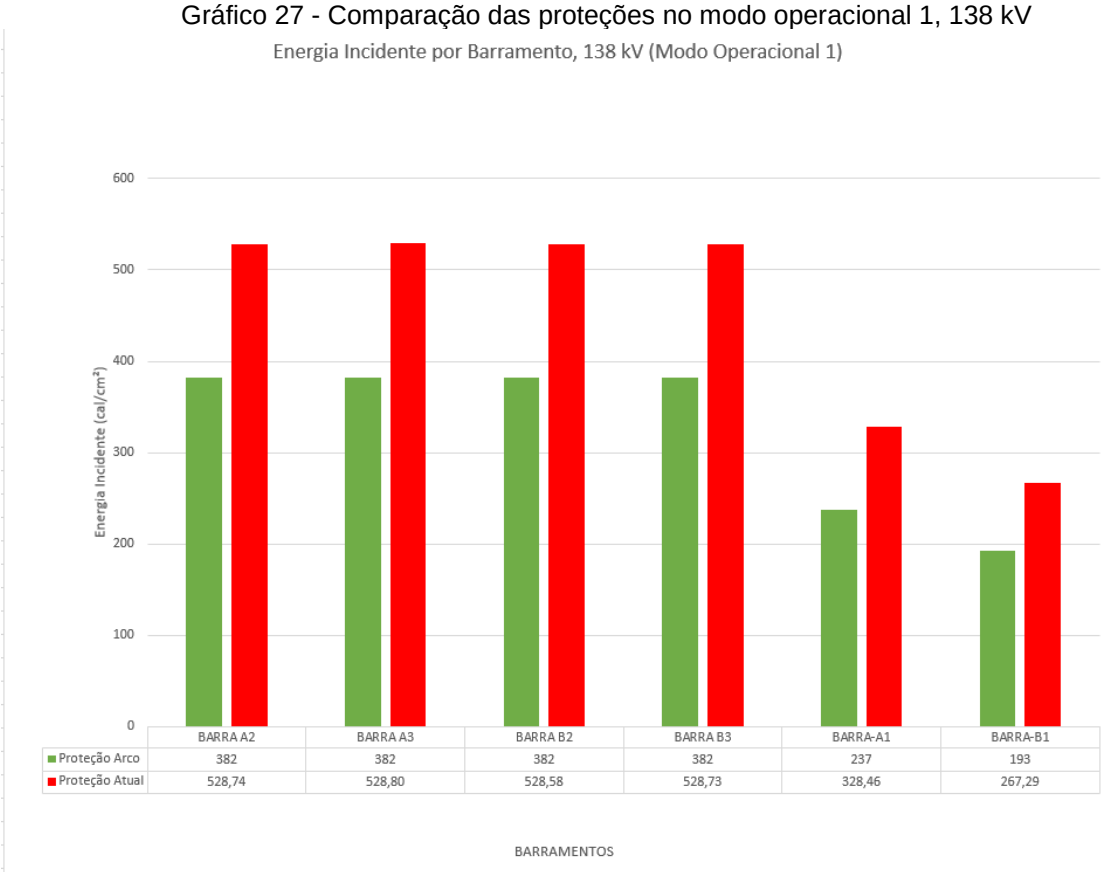
Gráfico 26 - Comparação das proteções no modo operacional 1, 35 kV




Fonte: produção própria do autor.

Os resultados para os barramentos de 138 kV estão a seguir.

Gráfico 27 - Comparação das proteções no modo operacional 1, 138 kV




Fonte: produção própria do autor.

Tabela de comparação de energia incidente para o modo operacional 1, na configuração com todos os geradores ligados, exibindo os valores para a proteção de arco, mais rápida, e para a proteção atual da empresa, mais lenta. Os valores de extinção de arco atuais para cada barra podem ser conferidos no quadro 5. Para a proteção contra arco, o tempo é de 52 ms para tensões de 138 kV e 85 ms para todo o resto.

Tabela 7 - Comparação entre proteções, modo operacional 1

| MODO OPERACIONAL 1 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Proteção | | |
| Nome do Barramento | Tensão do Barramento (kV) | De arco | Atual | Redução de Energia (%) |
| | | Energia Incidente (cal/cm²) | | |
| BAR COMUM FOX | 13,8 | 3,7 | 8,66 | 57,22 |
| BAR UTILIDADES | 13,8 | 3,9 | 7,95 | 51,36 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,8 | 2,9 | 7,81 | 62,24 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,8 | 3,5 | 7,49 | 53,83 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,8 | 3,7 | 8,22 | 55,04 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,8 | 3,7 | 8,56 | 56,24 |
| BARRA 1 FOX | 13,8 | 3,1 | 7,29 | 57,60 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,8 | 3,6 | 8,62 | 58,12 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,8 | 3,7 | 8,22 | 55,04 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,8 | 3,1 | 7,37 | 58,30 |
| BARRA 2 AF1 | 13,8 | 4,5 | 10,16 | 55,32 |
| BARRA 2 FOX | 13,8 | 3,7 | 8,80 | 57,54 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,8 | 3,6 | 8,62 | 58,12 |
| BARRA AF2 | 13,8 | 3,6 | 10,63 | 66,59 |
| BARRA I AF1 | 13,8 | 4,5 | 10,16 | 55,32 |
| BARRA RUG | 13,8 | 1,7 | 9,82 | 82,82 |
| S/E CONDICION. | 13,8 | 3,4 | 8,65 | 61,13 |
| BARRA LTQ 1 | 35 | 42 | 117,32 | 64,45 |
| BARRA A2 | 138 | 382 | 528,74 | 27,78 |
| BARRA A3 | 138 | 382 | 528,80 | 27,78 |
| BARRA B2 | 138 | 382 | 528,58 | 27,78 |
| BARRA B3 | 138 | 382 | 528,73 | 27,78 |
| BARRA-A1 | 138 | 237 | 328,46 | 27,78 |
| BARRA-B1 | 138 | 193 | 267,29 | 27,78 |

Fonte: produção própria do autor

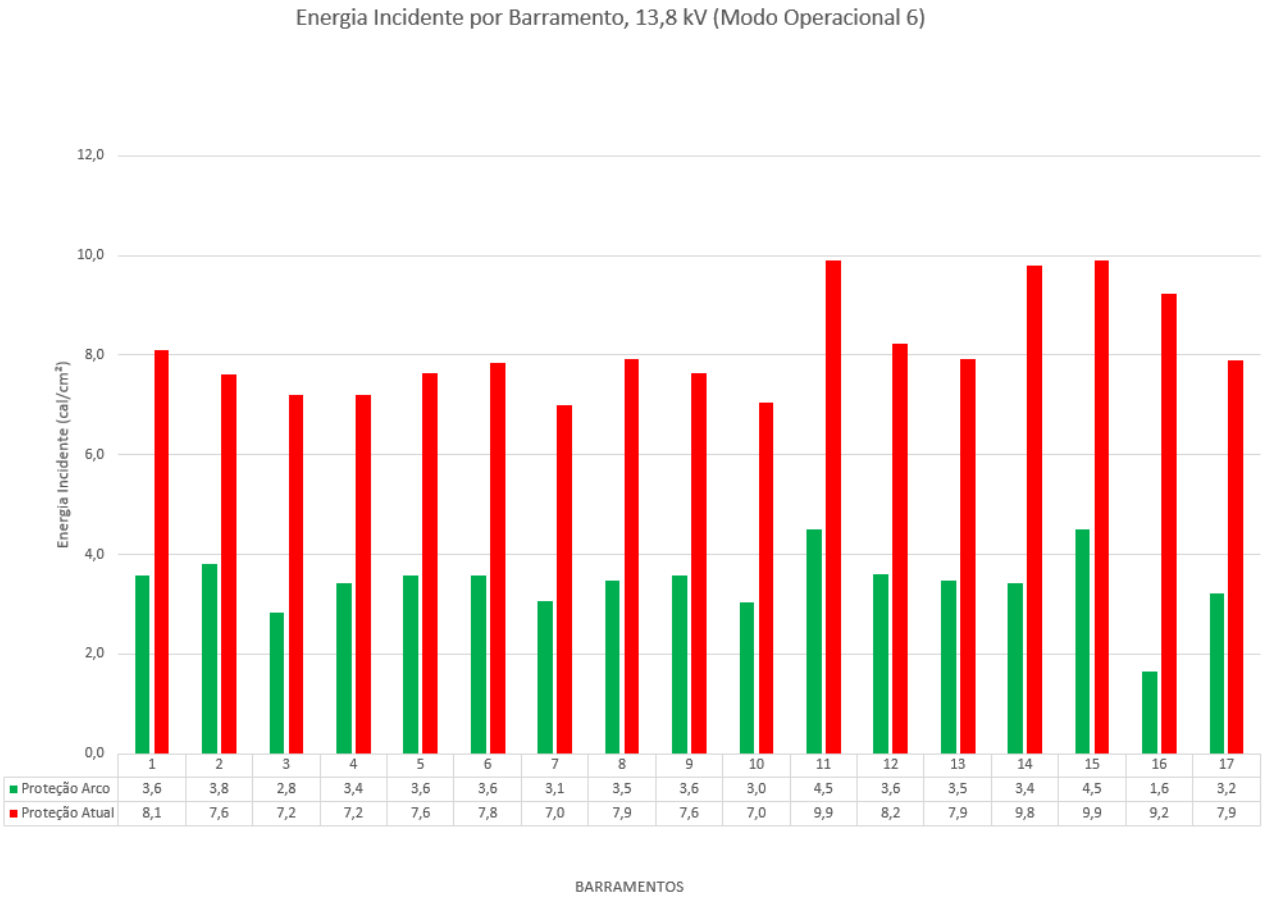
Pode-se verificar uma redução bastante expressiva da energia incidente, chegando a casos com 82%. Toda essa diminuição nos valores é devido ao aumento da

velocidade de extinção do arco e representa a variação do tempo atual da empresa e o tempo otimizado, já que a energia incidente tem relação linear com a velocidade de eliminação do arco, pois os parâmetros de tensão e corrente foram mantidos constante entre a mudança de proteção.

### 3.5.2. Modo operacional 6

Semelhante à seção anterior, foram feitas comparações entre as proteções com o modo operacional 6. Os gráficos a seguir mostram essas diferenças no nível de energia incidente.

Gráfico 28 - Comparação das proteções no modo operacional 6, 13,8 kV

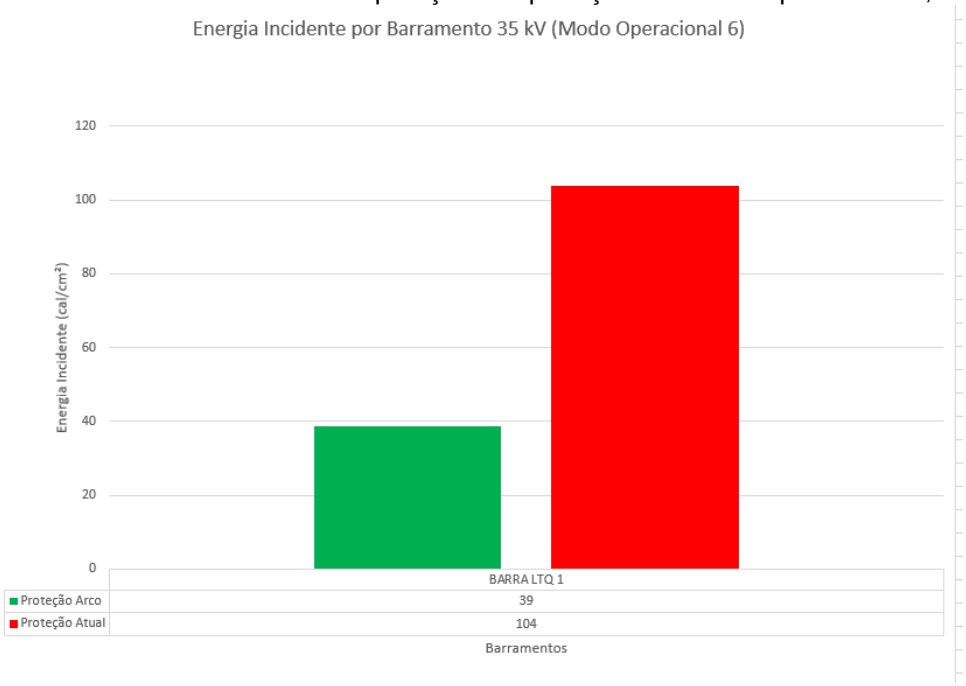



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Proteção Arco | 3,6 | 3,8 | 2,8 | 3,4 | 3,6 | 3,6 | 3,1 | 3,5 | 3,6 | 3,0 | 4,5 | 3,6 | 3,5 | 3,4 | 4,5 | 1,6 | 3,2 |
| Proteção Atual | 8,1 | 7,6 | 7,2 | 7,2 | 7,6 | 7,8 | 7,0 | 7,9 | 7,6 | 7,0 | 9,9 | 8,2 | 7,9 | 9,8 | 9,9 | 9,2 | 7,9 |

Fonte: produção própria do autor.

O gráfico a seguir traz os resultados para o barramento de 35 kV.

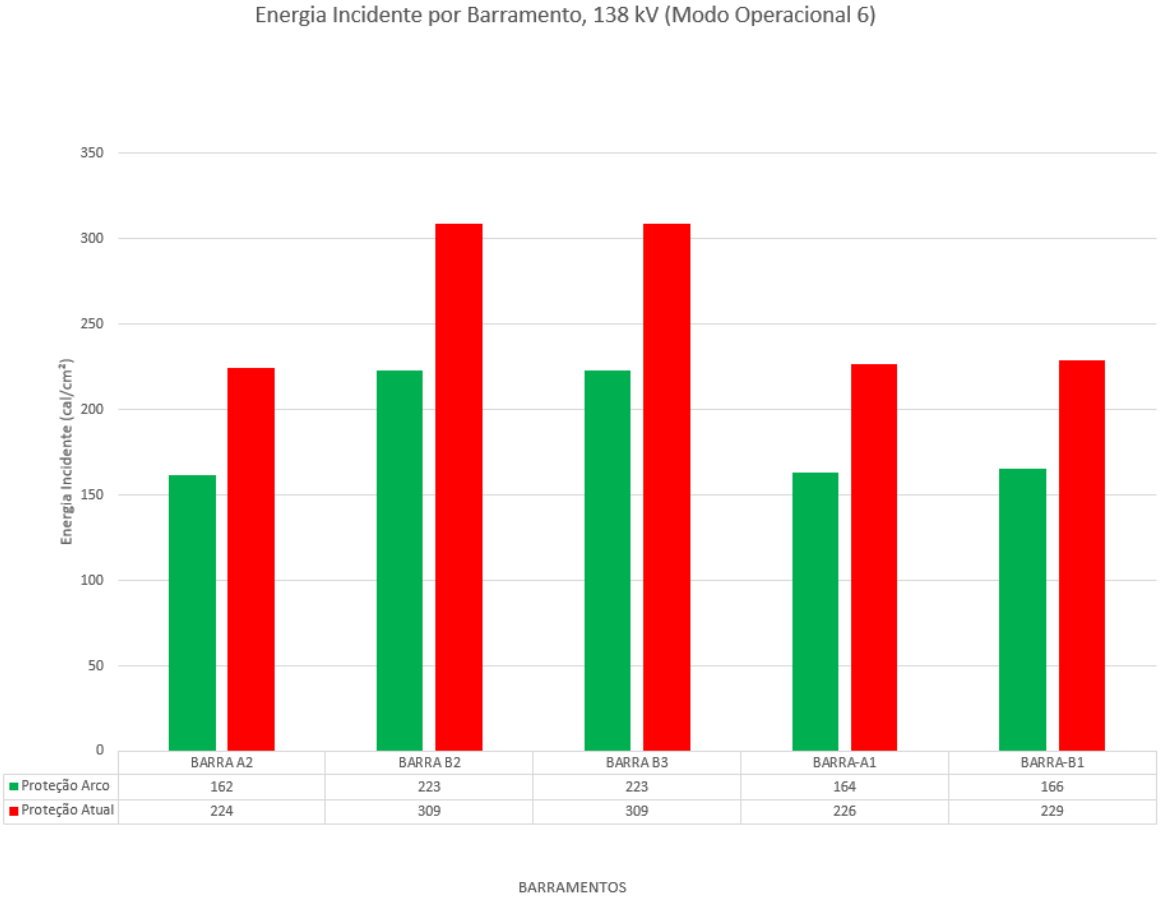
Gráfico 29 - Comparação das proteções no modo operacional 6, 35 kV




Fonte: produção própria do autor.

Resultados para 138 kV são exibidos no gráfico seguinte.

Gráfico 30 - Comparação das proteções no modo operacional 6, 138 kV




Fonte: produção própria do autor.

A seguir estão as informações tratadas dos resultados levantados, que podem ser conferidos na tabela 8.

Tabela 8 - Comparação entre proteções, modo operacional 6

| MODO OPERACIONAL 6 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Proteção | | |
| Nome do Barramento | Tensão do Barramento (kV) | De arco | Atual | Redução de Energia (%) |
| | | Energia Incidente | | |
| BAR COMUM FOX | 13,8 | 3,6 | 8,1 | 55,74 |
| BAR UTILIDADES | 13,8 | 3,8 | 7,6 | 49,91 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,8 | 2,8 | 7,2 | 60,79 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,8 | 3,4 | 7,2 | 52,55 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,8 | 3,6 | 7,6 | 53,27 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,8 | 3,6 | 7,8 | 54,32 |
| BARRA 1 FOX | 13,8 | 3,1 | 7,0 | 56,39 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,8 | 3,5 | 7,9 | 56,31 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,8 | 3,6 | 7,6 | 53,27 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,8 | 3,0 | 7,0 | 57,03 |
| BARRA 2 AF1 | 13,8 | 4,5 | 9,9 | 54,42 |
| BARRA 2 FOX | 13,8 | 3,6 | 8,2 | 56,04 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,8 | 3,5 | 7,9 | 56,31 |
| BARRA AF2 | 13,8 | 3,4 | 9,8 | 65,04 |
| BARRA I AF1 | 13,8 | 4,5 | 9,9 | 54,42 |
| BARRA RUG | 13,8 | 1,6 | 9,2 | 82,27 |
| S/E CONDICION. | 13,8 | 3,2 | 7,9 | 59,40 |
| BARRA LTQ 1 | 35 | 39 | 104 | 62,78 |
| BARRA A2 | 138 | 162 | 224 | 27,78 |
| BARRA B2 | 138 | 223 | 309 | 27,78 |
| BARRA B3 | 138 | 223 | 309 | 27,78 |
| BARRA-A1 | 138 | 164 | 226 | 27,78 |
| BARRA-B1 | 138 | 166 | 229 | 27,78 |

Fonte: produção própria do autor.

Como as tabelas anteriores retratam, houve uma enorme redução da energia incidente provocada pelo arco elétrico, em comparação com sua versão mais lenta. Há casos onde a diminuição chegou a 82,82%, e entre os barramentos com 13,8 kV ficou por volta dos 55%. Nas barras de 138 kV, a redução em todas foi de 27,78%.

Essa diminuição da energia incidente é linear e proporcional à queda do tempo de extinção. É um decréscimo substancial, e o que isso representa será exibido a seguir.

### 3.6. Equipamentos de proteção coletiva e individual

Seguindo a linha de proteção do ser humano, serão apresentados os equipamentos de proteção tanto coletiva, quanto individual.

A NR-10 traz alguns itens considerando medidas de proteção coletiva. Prioritariamente, é recomendada a desenergização elétrica de onde serão executados os serviços. Na impossibilidade, utilizar tensão de segurança[9]. Caso essas medidas não possam ser tomadas, outras medidas deverão ser tomadas, a saber: "...isolação das partes vivas, obstáculos, barreiras, sinalização, sistema de seccionamento automático de alimentação, bloqueio do religamento automático. " (MTE, 2004). A NR-10 também diz que toda instalação deve prever condições para aterramento temporário.

Para a proteção individual é apresentada no quadro 6 a divisão de categorias de arco pela NFPA 70e e os respectivos EPIs necessários. Como não foi encontrada tradução satisfatória para *arc flash suit*[10], segue a definição da NFPA 70e e uma imagem do EPI.

*Arc Flash suit*: Roupa completa para arco elétrico e sistema de equipamento que cobre o corpo inteiro, com exceção das mãos e pés. Pode incluir calças ou macacão, uma jaqueta ou macacão, e capuz parecido com o de apicultor, com uma proteção para rosto (NFPA, 2017).

---

[9] Extra baixa tensão originada em uma fonte de segurança (MTE, 2004).
[10] Posteriormente foi informado que é conhecida também como roupa de proteção contra arco elétrico, ou NOMEX. Mas para não conflitar com a tradução de "*arc-rated clothing*", será mantido o nome em inglês.

Figura 24 - Arc Flash Suit

Fonte: (GRAINGER, 201-).

Quadro 6 - Relação de EPIs e Categoria de Risco

| **Categoria de EPI para Arco Elétrico** | **EPI** |
|---|---|
| 1 | **Vestimenta classificada para Arco, taxa de arco mínima de 4 cal/cm² (16,75 J/cm²)** |
| | Camisa de manga comprida e calça para arco elétrico, ou macacão para arco elétrico |
| | Protetor facial ou capuz para arco elétrico |
| | Jaqueta, parka, roupa de chuva, ou forro de capacete (CN) |
| 2 | **Vestimenta classificada para Arco, taxa de arco mínima de 8 cal/cm² (33,5 J/cm²)** |
| | Camisa de manga comprida e calça para arco elétrico, ou macacão para arco elétrico |
| | Protetor facial ou capuz e balaclava para arco elétrico |
| | Jaqueta, parka, roupa de chuva, ou forro de capacete (CN) |
| 3 | **Vestimenta classificada para Arco, taxa mínima de 25 cal/cm² (104,7 J/cm²)** |
| | Camisa de manga comprida para arco elétrico (CR) |
| | Calça para arco elétrico (CR) |
| | Macacão para arco elétrico (CR) |
| | Jaqueta para arco elétrico |
| | Jaqueta (a*rc Flash Suit) (CR)* |
| | *Calça (arc Flash Suit) (CR)* |
| | *Capuz (arc Flash Suit)* |
| | Luvas classificadas para arco elétrico |
| | Jaqueta, parka, roupa de chuva, ou forro de capacete (CN) |
| 4 | **Vestimenta classificada para Arco, taxa mínima de 40 cal/cm² (167,5 J/cm²)** |
| | Camisa de manga comprida para arco elétrico (CR) |
| | Calça para arco elétrico (CR) |
| | Macacão para arco elétrico (CR) |
| | Jaqueta para arco elétrico |
| | Jaqueta (a*rc Flash Suit) (CR)* |
| | *Calça (arc Flash Suit) (CR)* |
| | *Capuz (arc Flash Suit)* |
| | Luvas classificadas para arco elétrico |
| | Jaqueta, parka, roupa de chuva, ou forro de capacete (CN) |
| CR: como requisitado; CN: como necessário (opcional) | |

Fonte: (NFPA, 2017) quadro 170(C) traduzida e editada pelo autor.

Além disso, também é requerido o uso de capacete, óculos de proteção, protetor intra auricular, calçado de couro (opcional para a categoria 1), e luvas de couro para serviço pesado onde não é exigido luvas classificadas para arco elétrico.

Deve-se ter em mente, que, os EPIs requisitados são escolhidos de tal forma que haja um equilíbrio entre a quantidade de exposição à energia incidente e à atividade sendo feita no trabalho, tendo como base os seguintes preceitos (IEEE, 2002):

a) prover proteção suficiente para prevenir uma queimadura de segundo grau em todos os casos;

b) evitar exigir mais proteção do que é necessário. As roupas podem adicionar riscos como estresse térmico, visibilidade ruim e limitar o movimento do corpo.

O quadro da NFPA 70e traz as categorias de risco do arco elétrico, bem como os equipamentos de proteção necessários. Versões mais antigas trazem uma energia incidente menor que 4 cal/cm² como categoria 0, e acima de 40 cal/cm² como risco mais elevado, sendo mais enfatizada ainda a recomendação de se desenergizar os equipamentos (NFPA, 2003**).**

Com exceção das proteções para rosto, olhos e cabeça, que têm como padrão as regras definidas pela ANSI ou ISEA, os outros equipamentos de proteção são regulamentados pela ASTM (NFPA, 2017).

Onde se lê “para arco elétrico”, significa para o nível adequado à categoria onde se encontram. Essa adequação vem caracterizada depois de dois testes: de ATPV e de $E_{BT}$. Segundo NFPA 70e, a ATPV é a energia incidente no material que causa 50% de probabilidade de atravessá-lo e que causaria uma queimadura de segundo grau, sendo baseada na curva de *Stoll* (STOLL e CHIANTA, 1969). E $E_{bt}$ é definida como a energia incidente que causa ao material uma probabilidade de 50% de rasgar, ou abrir, um buraco com uma área de 1,6 cm², ou uma abertura de 2,5 cm em qualquer dimensão (NFPA, 2017). O material é caracterizado como o menor valor entre ATPV e $E_{BT}$.

O MTE traz o seguinte quadro como referência para EPI.

Quadro 7 - Relação de EPIs e Categoria de Risco – Ministério do Trabalho e Emprego

| **Risco** | **Energia Incidente (cal/cm²)** | **Categoria de Risco** | **ATPV Mínimo Requerido para o EPI (cal/cm²)** |
|---|---|---|---|
| Mínimo | até 1,2 | 0 | não aplicável |
| Leve | 1,2 a 4,0 | 1 | 4 |
| Moderado | 4,1 a 8,0 | 2 | 8 |
| Elevado | 8,1 a 25,0 | 3 | 25 |
| Elevadíssimo | 25,1 a 40,0 | 4 | 40 |

Fonte: (MTE, 2016).

### 3.7. Implicações da redução da energia incidente

Com a diminuição da energia incidente também se diminui a fronteira de arco elétrico (NFPA, 2017) significando que é permitida uma chegada mais próxima de um possível local de evento de arco, ou, a uma distância D qualquer, em comparação com a proteção atual, os impactos térmicos no trabalhador seriam bem menores. Os impactos nos equipamentos também são mais brandos, porque uma quantidade reduzida de energia térmica está os atingindo e por menos tempo.

A tabela seguinte mostra os ganhos de espaço, em metros. Esses valores significam quanto os trabalhadores podem se aproximar mais do possível foco de arco, antes de sofrerem uma queimadura de segundo grau no caso de um evento de arco elétrico.

Tabela 9 - Comparação das Fronteiras de Arco no Modo Operacional 1

| MODO OPERACIONAL 1 | | | |
|---|---|---|---|
| Nome do Barramento | Fronteira de Arco (m) | | Distância ganha (m) |
| | Atual | Proteção de Arco | |
| BAR COMUM FOX | 7,00 | 2,93 | 4,08 |
| BAR UTILIDADES | 6,41 | 3,05 | 3,35 |
| BAR1 S/E SINTE | 6,30 | 2,31 | 3,98 |
| BAR2 S/E SINTE | 6,03 | 2,73 | 3,31 |
| BARRA 1 - FOX3 | 6,64 | 2,92 | 3,72 |
| BARRA 1 ACIAR. | 6,92 | 2,96 | 3,96 |
| BARRA 1 FOX | 5,86 | 2,43 | 3,44 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 6,97 | 2,85 | 4,12 |
| BARRA 2 - FOX3 | 6,64 | 2,92 | 3,72 |
| BARRA 2 ACIAR. | 5,93 | 2,41 | 3,52 |
| BARRA 2 AF1 | 8,25 | 3,60 | 4,65 |
| BARRA 2 FOX | 7,12 | 2,95 | 4,17 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 6,97 | 2,85 | 4,12 |
| BARRA AF2 | 8,64 | 2,80 | 5,84 |
| BARRA I AF1 | 8,25 | 3,61 | 4,65 |
| BARRA RUG | 7,96 | 1,30 | 6,66 |
| S/E CONDICION. | 6,99 | 2,65 | 4,35 |
| BARRA LTQ 1 | 9,06 | 5,40 | 3,66 |
| BARRA A2 | 9,62 | 8,17 | 1,44 |
| BARRA A3 | 9,62 | 8,17 | 1,44 |
| BARRA B2 | 9,62 | 8,17 | 1,44 |
| BARRA B3 | 9,62 | 8,17 | 1,44 |
| BARRA-A1 | 7,58 | 6,44 | 1,14 |
| BARRA-B1 | 6,84 | 5,81 | 1,03 |

Fonte: produção própria do autor

São aumentos consideráveis de aproximação, tendo casos, como, por exemplo, a barra RUG, em que mais de 6,5 m extras são disponibilizados ao trabalhador.

Duas tabelas serão apresentadas a seguir com a caracterização de cada categoria de risco nos barramentos, nos modos operacionais 1 e 6, respectivamente. Em todas elas foram utilizadas a configuração com os seis geradores ligados, e é feita uma comparação direta entre a proteção atual e a proteção contra arco. A fonte em negrito onde existe o fundo vermelho foi usada apenas para maior contraste entre cores e assim uma melhor visualização dos valores.

Tabela 10 - Comparação entre Categorias de Risco - Modo Operacional 1

| MODO OPERACIONAL 1 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Proteção | | |
| Nome do Barramento | Tensão do Barramento (kV) | De arco | Atual | Redução de Energia (%) |
| | | Energia Incidente (cal/cm²) | | |
| BAR COMUM FOX | 13,8 | 3,7 | 8,66 | 57,22 |
| BAR UTILIDADES | 13,8 | 3,9 | 7,95 | 51,36 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,8 | 2,9 | 7,81 | 62,24 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,8 | 3,5 | 7,49 | 53,83 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,8 | 3,7 | 8,22 | 55,04 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,8 | 3,7 | 8,56 | 56,24 |
| BARRA 1 FOX | 13,8 | 3,1 | 7,29 | 57,60 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,8 | 3,6 | 8,62 | 58,12 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,8 | 3,7 | 8,22 | 55,04 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,8 | 3,1 | 7,37 | 58,30 |
| BARRA 2 AF1 | 13,8 | 4,5 | 10,16 | 55,32 |
| BARRA 2 FOX | 13,8 | 3,7 | 8,80 | 57,54 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,8 | 3,6 | 8,62 | 58,12 |
| BARRA AF2 | 13,8 | 3,6 | 10,63 | 66,59 |
| BARRA I AF1 | 13,8 | 4,5 | 10,16 | 55,32 |
| BARRA RUG | 13,8 | 1,7 | 9,82 | 82,82 |
| S/E CONDICION. | 13,8 | 3,4 | 8,65 | 61,13 |
| BARRA LTQ 1 | 35 | **42** | **117,32** | 64,45 |
| BARRA A2 | 138 | **382** | **528,74** | 27,78 |
| BARRA A3 | 138 | **382** | **528,80** | 27,78 |
| BARRA B2 | 138 | **382** | **528,58** | 27,78 |
| BARRA B3 | 138 | **382** | **528,73** | 27,78 |
| BARRA-A1 | 138 | **237** | **328,46** | 27,78 |
| BARRA-B1 | 138 | **193** | **267,29** | 27,78 |

Fonte: produção própria do autor

Tabela 11 - Comparação entre Categorias de Risco - Modo Operacional 6

| MODO OPERACIONAL 6 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Proteção | | |
| Nome do Barramento | Tensão do Barramento (kV) | De arco | Atual | Redução de Energia (%) |
| | | Energia Incidente | | |
| BAR COMUM FOX | 13,8 | 3,6 | 8,1 | 55,74 |
| BAR UTILIDADES | 13,8 | 3,8 | 7,6 | 49,91 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,8 | 2,8 | 7,2 | 60,79 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,8 | 3,4 | 7,2 | 52,55 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,8 | 3,6 | 7,6 | 53,27 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,8 | 3,6 | 7,8 | 54,32 |
| BARRA 1 FOX | 13,8 | 3,1 | 7,0 | 56,39 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,8 | 3,5 | 7,9 | 56,31 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,8 | 3,6 | 7,6 | 53,27 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,8 | 3,0 | 7,0 | 57,03 |
| BARRA 2 AF1 | 13,8 | 4,5 | 9,9 | 54,42 |
| BARRA 2 FOX | 13,8 | 3,6 | 8,2 | 56,04 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,8 | 3,5 | 7,9 | 56,31 |
| BARRA AF2 | 13,8 | 3,4 | 9,8 | 65,04 |
| BARRA I AF1 | 13,8 | 4,5 | 9,9 | 54,42 |
| BARRA RUG | 13,8 | 1,6 | 9,2 | 82,27 |
| S/E CONDICION. | 13,8 | 3,2 | 7,9 | 59,40 |
| BARRA LTQ 1 | 35 | 39 | **104** | 62,78 |
| BARRA A2 | 138 | **162** | **224** | 27,78 |
| BARRA B2 | 138 | **223** | **309** | 27,78 |
| BARRA B3 | 138 | **223** | **309** | 27,78 |
| BARRA-A1 | 138 | **164** | **226** | 27,78 |
| BARRA-B1 | 138 | **166** | **229** | 27,78 |

Fonte: produção própria do autor

As cores verde, cinza, amarelo, ouro e vermelha, representam, respectivamente, as categorias 0, 1, 2, 3 e 4. A categoria 0 não existe mais na edição de 2018 da NFPA 70e, mas decidiu-se continuar com essa denominação neste trabalho. Linhas onde hajam duas cores distintas ocorreram uma mudança de categoria de risco, mais precisamente, a redução desta em um, chegando até dois, níveis (categoria 2 para 0 em alguns casos).

Verifica-se que excetuando os casos das barras de 138 kV e a barra LTQ 1, no modo operacional 1 apenas, houve queda de categoria de risco, mostrando mais uma vez a importância que o tempo tem na redução de energia incidente e suas implicações. Esses rebaixamentos de categoria se traduzem em menores riscos para o trabalhador, bem como uma possível redução na quantidade ou rigorosidade dos EPIs exigidos.

Segundo a NR-6, seção 6.6.1 (MTE, 2010) a empresa é responsável por fornecer aos empregados, de modo gratuito, os equipamentos necessários adequados aos riscos a que ele se encontra exposto. Uma redução na categoria de risco significa então uma economia para o empregador.

Como não foi informado o número de trabalhadores que atuam na parte elétrica e que necessitariam desses EPI, e, foge do escopo deste trabalho, uma análise econômica quantitativa não é disponibilizada, apenas uma qualitativa, demonstrando os benefícios que a diminuição do tempo de extinção do arco, e consequentemente da energia incidente, trariam. Por diminuir a quantidade de calor infligida aos equipamentos elétricos, o rebaixamento da categoria de risco traz também maior durabilidade, diminuição da manutenção e os custos que o empregador tem com eles.

## 4. CONCLUSÃO

Através das simulações no PTW e com o auxílio do *Matlab* pôde-se levantar uma equação linear do tipo f(x) = p1*x+p2, a partir da inserção de diversas energias incidentes calculadas para diferentes tempos em um mesmo modo operacional e com a mesma quantidade de geradores ligados. Essa equação, que leva em conta somente a relação entre a energia incidente e o tempo de extinção do arco, tem suas constantes p1 e p2 positivas, ou seja, confirma de modo paralelo às equações da IEEE 1584 que a relação entre esses dois parâmetros é linear e diretamente proporcional.

Os elementos 50PAF e 50NAF utilizados em relés digitais, junto com a utilização de sensores ópticos, trazem uma alternativa rápida e segura para a proteção contra arcos. Rápida, visto que o seu tempo de *trip* está na faixa de unidade de milissegundos, como neste trabalho, que foi utilizado o tempo de 2,5 ms, sendo que a proteção atual da empresa está na faixa de centenas de milissegundos (QUADRO 5). Segura, pois evita *trip* quando não há arco, impedindo assim o desligamento do sistema quando há faltas externas, através dos sensores ópticos.

A utilização dessa tecnologia mostrou-se muito eficiente para a diminuição da energia incidente, trazendo uma redução de pelo menos 50% em todos os barramentos de média tensão (TABELA 10 e 11). Se o relé utilizado pela empresa já contar com as opções de *trip* rápido para proteção diferencial de barramento ou *trip* instantâneo para sobrecorrente e conexão para sensor óptico, é necessário apenas a utilização de um cabo de fibra óptica e a configuração desse relé para verificar as duas condições simultaneamente para dar o comando de *trip*.

A redução do tempo de extinção do arco é um método eficaz para o aumento da segurança na instalação elétrica, mas pode se tornar ainda melhor quando combinado com técnicas para limitação de corrente de curto-circuito, diminuindo assim dois parâmetros que são diretamente proporcionais com o aumento da energia incidente.

## 5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alstom Grid**,** In: _____. **Network Protection and Automation Guide, Protective Relays Measurement and Control**, Mai, 2011. 508 p. cap. 9, p. 122-151.

Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade. **Anuário Estatístico Brasileiro dos Acidentes de Origem Elétrica, ano Base 2017**. 2018. Disponível em: < http://abracopel.org/>. Acesso em: 05 Mai 2018.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), **Instalações elétricas de baixa tensão I - ABNT NBR 5410:2004 - Proteção e segurança**, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), **Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - NBR 5419:2000**, 2001.

Barkhordar, P., **How accurate are your arc flash hazard study results**, Paper No. PCIC-2010-20, IEEE Petroleum and Chemical Industry technical Conference, San Antonio, September 20-22, 2010:

Benmouyal, G; et al. **IEEE Standard Inverse-Time Characteristic Equations for Overcurrent Relays**. Power Delivery, IEEE Transactions on. 14. 868 - 872. 10.1109/61.772326. 1999.

Blanc, P; et al**. An experimental human model of metal fume fever**. Annals of internal medicine. 114. 930-6. 1991.

Boulet, Benoit; Lalli, G; Ajersch, M. **Modeling and control of an electric arc furnace.** Proceedings of the American Control Conference. 4. 3060 - 3064 vol.4. 10.1109/ACC.2003.1243998. 2003.

BUFF, Jim; ZIMMERMAN, Karl. **Application of Existing Technologies to Reduce Arc-Flash Hazards.** In: Conference Record of 2007 Annual Pulp and Paper Industry Technical Conference. Jun 2007.

Campbell, Richard; Dini, David. **Occupational injuries from electrical shock and arc flash events**. Quincy, 2015.

Chen, Jennifer C; Lee, Lawrence R. **Solar retinopathy and associated optical coherence tomography findings**. Clinical & experimental optometry : journal of the Australian Optometrical Association. 87. 390-3. 2004.

Conceição, C.A., **Estudo e Projeto de um Sistema Rápido de Supressão de Arco Baseado em Tiristores de Potência**, Belo Horizonte, 2015.

CPDA - Copper Development Association Inc. **General, Atomic and Crystallographic Properties and Features of Copper**, 201-? Disponível em: <https://www.copper.org/resources/properties/atomic_properties.html>. Acesso em: 30 mai 2018

Das, J.C. In: _____. **Arc flash hazard analysis and mitigation**. 1 ed. EUA: Wiley-IEEE Press, 2012b. 644 p. Foreword

Das, J.C. In: _____. **Arc flash hazard analysis and mitigation**. 1 ed. EUA: Wiley-IEEE Press, 2012a. 644 p. cap. 1, p. 1-39.

Dipolo Elétrico. **14 Conceitos sobre Arco Elétrico que você deveria saber!** 2014. Disponível em: < https://dipoloeletrico.blogspot.com/2014/10/14-conceitos-sobre-arco-eletrico-que.html>. Acesso em: 07 dez 2017.

Drouet, Michel; Nadeau, Francois. **Pressure Waves Due to Arcing Faults in a Substation**. Power Apparatus and Systems, IEEE Transactions on. 98. 1632 - 1635. 10.1109/TPAS.1979.319480. 1979.

European Comission. **Potential health risks of exposure to noise from personal music players and mobile phones including a music playing function**. Technical report, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks SCENIHR, 2008.

Grainger. **70.0 cal./cm2 Arc Flash Suit Kit, 4-HRC, Charcoal Gray, XL.** 201- Disponível em: < https://www.grainger.com/product/OBERON-70-0-cal-cm2-Arc-Flash-Suit-53PX52>. Acesso em: 10 jun 2018

Industrial Safety and Hygiene News. **Arc Flash Statistics**. 2013. Disponível em: <http://www.ishn.com/articles/96001-arc-flash-statistics> - Acesso em: 20 nov 2017.

Industrial Safety and Hygiene News. **Know all the causes of arc flash acidentes**. 2017. Disponível em: < https://www.ishn.com/articles/105967-know-all-the-causes-of-arc-flash-accidents>. Acesso em: 13 mai 2018.

Institute of Electrical and Electronics Engineers. **IEEE 1584-2002 IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations,** Nova Iorque, 2002.

Kourkoumelis, Nikolaos; Tzaphlidou, Margaret. **Eye Safety Related to Near Infrared Radiation Exposure to Biometric Devices**. TheScientificWorldJournal. 11. 520-8. 10.1100/tsw.2011.52. 2011

Kumpulainen, L; Dahl, S; Ma, J. **Mitigation of arc-flash hazards and reduction of costs by selective arc-flash protection**, *Proc. China Int. Conf. Elect. Distrib.*, pp. 1-7, 2008.

Kumpulainen, Lauri; Dahl, S**. Minimizing hazard to personnel, damage to equipment, and process outages by optical arc-flash protection**. 1 - 5. 2010.

L. Doughty; et al. **Testing update on protective clothing and equipment for electric arc exposure**. Industry Applications Magazine, IEEE. 5. 37 - 49. 10.1109/2943.740758. 1999.

Lee, Ralph. **Pressures Developed by Arcs. Industry Applications**, IEEE Transactions on. IA-23. 760 - 763. 10.1109/TIA.1987.4504977. 1987.

Lee, Ralph. **The Other Electrical Hazard: Electrical Arc Blast Burns**, IEEE Trans. Industrial Applications, Vol. 1A-18, No. 3, P. 246, 1982.

Lee, W-J; et al. **Arc flash and electrical safety**. 2013 66th Annual Conference for Protective Relay Engineers, CPRE 2013. 24-35. 10.1109/CPRE.2013.6822024. 2013.

Luz, D.P. et al. **Electrical burns: A retrospective analysis across a 5-year period.** Burns: journal of the International Society for Burn Injuries. 35. 1015-9. 10.1016/j.burns.2009.01.014. 2009.

Ministério da Saúde. **Cartilha para tratamento de emergência das queimaduras**, Brasília, 2012.

Ministério do Trabalho e Emprego - MTE. **Manual de orientação para especificação das vestimentas de proteção contra os efeitos térmicos do arco elétrico e do fogo repentino**, 2016.

Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade**. 2004

Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 6 - Equipamento de Proteção Individual**. 2010, seção 6.6.1

Mitolo, Massimo; Freschi, Fabio; Giaccone, Luca. **Arc Welding Processes: An Electrical Safety Analysis**. IEEE Transactions on Industry Applications. PP. 1-1. 10.1109/TIA.2016.2626260. 2016.

Mohajeryami, Saeed; Arefi, Mahmoodreza; Salami, Zia. **Arc flash analysis: Investigation, simulation and sensitive parameter exploration**. 1-6. 10.1109/NAPS.2017.8107182. 2017.

National Fire Protection Agency. **NFPA 70e *Electrical Safety in the Workplace***, 2018 edition, Quincy, 2017.

National Fire Protection Agency. **NFPA 70e *Electrical Safety in the Workplace***, 2004 edition, Quincy, 2003.

Neal, T., Bingham, A. H., Doughty, R. L. **Protective clothing guidelines for electric arc exposure,** in Conf. Rec. IEEE PCIC, pp. 298–281, 1996.

Neal, T.E; Parry, R.A. **Shrapnel, Pressure, and Noise**, IEEE Industry Applications Magazine, Vol 11, Issue 3, 2005, pp 49-53. (Pubitemid 40715076).

Observatory. **Effects of Ultraviolet (UV) Light on the Eye**. 20-. Disponível em: < http://observatory.co.uk/wp-content/uploads/2017/02/UV.pdf>. Acesso em: 15 mai 2018.

Phillips, J.; Frain, M. **Fear of flashover**, Power Engineer, Estados Unidos e Reino Unido, 2007.

Rau, Shiuan-Hau et al. **Arc Flash Visible Light Intensity as Viewed From Human Eyes**. IEEE Transactions on Industry Applications. PP. 1-1. 10.1109/TIA.2017.2715823. 2017.

Rocha, Geraldo; Zanirato, Eduardo; Ayello, Fernando; Taninaga, Roberto. (2011). **ARC-flash protection for low- and medium-voltage panels**. 1-8. 10.1109/PCICon.2011.6085871.

Safety and Health Magazine. **Human error often causes arc flash accidents**. 2009. Disponível em: <http://www.safetyandhealthmagazine.com/articles/human-error-often-causes-arc-flash-accidents-2>. Acesso em: 13 mai 2018.

Savostianik, Merv. **Arc-Flash Every Millisecond Counts**. 2012. Disponível em: < http://www.littelfuse.com/technical-

resources/~/media/files/littelfuse/technical%20resources/documents/articles/littelfuse_arcflash_article_industrial_electrix.pdf> . Acesso em: 14 jun. 2018.

SEL - Schweitzer Engineering Laboratories, Inc, **Arc-Flash Detection (AFD)**. 201- Disponível em: < https://selinc.com/api/download/117364/>. Acesso em: 28 mai. 2018.

SEL - Schweitzer Engineering Laboratories, Inc, **Tabela ANSI.** 2018. Disponível em: < https://selinc.com/pt/products/tables/ansi/ >. Acesso em: 09/07/2018

Soldera, Flavio et al. **Description of the Discharge Process in Spark Plugs and its Correlation With the Electrode Erosion Patterns**. Vehicular Technology, IEEE Transactions on. 53. 1257 - 1265. 10.1109/TVT.2004.830977. 2004.

Stoll, A. M; Chianta, M. A. **Method and rating systems for evaluation of thermal protection.** Bureau Aeros. Med., vol. 40, no. 11, pp. 1232-1238, Nov. 1969

Technical Skills Development. Disponível em <http://technicalskillsdevelopment.com/osha-arc-flash-statistics/> - Acessado em: 29 nov 2017.

Workplace Safety Awareness Council. **Common Electrical Hazards in the Workplace Including Arc Flash.** 20-a Disponível em**:** < https://www.osha.gov/dte/grant_materials/fy07/sh-16615-07/electrical_hazards2.ppt> Acesso em: 03 jan 2018.

Workplace Safety Awareness Council. **Train-the-Trainers Guide to Electrical Safety For General Industry**, 20-b. Disponível em: < https://www.osha.gov/dte/grant_materials/fy07/sh-16615-07/train-the-trainer_manual2.pdf>. Acesso em: 29 nov 2017.

Yang, Hyeong Tae et al. **Investigation of relationship between inhalation injury assessment and prognosis in burn patients**. Journal of the Korean Surgical Society. 81. 1-9. 2011.

Yang, Hyeong Tae; et al. **Investigation of relationship between inhalation injury assessment and prognosis in burn patients**. Journal of the Korean Surgical Society. 81. 1-9. 10.4174/jkss.2011.81.1.1. 2011.

Zeller, M; Scheer, G. **Add Trip Security to Arc-Flash Detection for Safety and Reliability**, proceedings of the 35th Annual Western Protective Relay Conference, Spokane, WA, 2008.

Zipf, R. Karl Jr.; Cashdollar, Kenneth L. **Explosions and Refuge Chambers**. 19--? Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/docket/archive/pdfs/niosh-125/125-explosionsandrefugechambers.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2018.

# 6. APÊNDICE

## 6.1. Proteção contra Arco

*Equip Type:*

- *SWG* = *Switchgear* = Comutador
- *AIR* = ao ar

Tabela 12 - Modo Operacional 1 - 0 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 1 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,13 | 24,01 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,87 | 0,91 | 3,6 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 25,85 | 24,69 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,95 | 0,91 | 3,7 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,16 | 19,33 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,26 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 23,33 | 22,32 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,64 | 0,91 | 3,4 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,09 | 23,98 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,86 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,29 | 24,16 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,89 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 20,90 | 20,03 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,34 | 0,91 | 3,0 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,45 | 23,37 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,78 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,09 | 23,98 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,86 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 20,71 | 19,86 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,32 | 0,91 | 3,0 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 30,28 | 28,84 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,52 | 0,91 | 4,4 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,34 | 24,21 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,89 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,45 | 23,37 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,78 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA A2 | 138 | 16,57 | 16,57 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,14 | 0,46 | 291 |
| BARRA A3 | 138 | 16,57 | 16,57 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,14 | 0,46 | 291 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,13 | 23,07 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,74 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA B2 | 138 | 16,57 | 16,57 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,13 | 0,46 | 291 |
| BARRA B3 | 138 | 16,57 | 16,57 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,13 | 0,46 | 291 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 30,29 | 28,85 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,52 | 0,91 | 4,4 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,10 | 22,10 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,30 | 0,91 | 40 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,94 | 11,55 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,28 | 0,91 | 1,7 |
| BARRA-A1 | 138 | 12,24 | 12,24 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,13 | 0,46 | 215 |
| BARRA-B1 | 138 | 8,72 | 8,72 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,18 | 0,46 | 153 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,77 | 21,80 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,58 | 0,91 | 3,3 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 13 - Modo Operacional 1 - 3 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 1 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,38 | 24,25 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,90 | 0,91 | 3,7 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 26,31 | 25,12 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,01 | 0,91 | 3,8 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,40 | 19,56 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,29 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 23,72 | 22,68 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,69 | 0,91 | 3,4 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,36 | 24,22 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,89 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,61 | 24,46 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,93 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 21,28 | 20,39 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,39 | 0,91 | 3,0 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,73 | 23,64 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,82 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,35 | 24,22 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,89 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 21,12 | 20,24 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,37 | 0,91 | 3,0 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 30,66 | 29,20 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,57 | 0,91 | 4,5 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,59 | 24,45 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,93 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,74 | 23,64 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,82 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA A2 | 138 | 19,14 | 19,14 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,67 | 0,46 | 336 |
| BARRA A3 | 138 | 19,14 | 19,14 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,67 | 0,46 | 336 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,38 | 23,31 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,77 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA B2 | 138 | 19,13 | 19,13 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,67 | 0,46 | 336 |
| BARRA B3 | 138 | 19,14 | 19,14 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,67 | 0,46 | 336 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 30,67 | 29,20 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,57 | 0,91 | 4,5 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,56 | 22,56 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,36 | 0,91 | 41 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,05 | 11,66 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,29 | 0,91 | 1,7 |
| BARRA-A1 | 138 | 12,92 | 12,92 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,30 | 0,46 | 227 |
| BARRA-B1 | 138 | 9,87 | 9,87 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,51 | 0,46 | 173 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 23,07 | 22,07 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,62 | 0,91 | 3,3 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 14 - Modo Operacional 1 - 6 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 1 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus Arcing Fault (kA) | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 24,43 | 25,58 | 24,43 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,93 | 0,91 | 3,7 |
| BAR UTILIDADES | 25,47 | 26,68 | 25,47 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,05 | 0,91 | 3,9 |
| BAR1 S/E SINTE | 19,75 | 20,60 | 19,75 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,31 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 22,97 | 24,02 | 22,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,73 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA 1 - FOX3 | 24,42 | 25,56 | 24,42 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,92 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 ACIAR. | 24,70 | 25,86 | 24,70 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,96 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 FOX | 20,67 | 21,57 | 20,67 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,43 | 0,91 | 3,1 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 23,85 | 24,96 | 23,85 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 24,41 | 25,56 | 24,41 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,92 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 ACIAR. | 20,54 | 21,44 | 20,54 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,41 | 0,91 | 3,1 |
| BARRA 2 AF1 | 29,48 | 30,96 | 29,48 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,60 | 0,91 | 4,5 |
| BARRA 2 FOX | 24,63 | 25,79 | 24,63 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,95 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 23,85 | 24,96 | 23,85 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA A2 | 21,74 | 21,74 | 21,74 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA A3 | 21,74 | 21,74 | 21,74 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA AF2 | 23,50 | 24,59 | 23,50 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,80 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA B2 | 21,74 | 21,74 | 21,74 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA B3 | 21,74 | 21,74 | 21,74 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA I AF1 | 29,49 | 30,97 | 29,49 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,61 | 0,91 | 4,5 |
| BARRA LTQ 1 | 22,93 | 22,93 | 22,93 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,40 | 0,91 | 42 |
| BARRA RUG | 11,74 | 12,14 | 11,74 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,30 | 0,91 | 1,7 |
| BARRA-A1 | 13,51 | 13,51 | 13,51 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,44 | 0,46 | 237 |
| BARRA-B1 | 10,99 | 10,99 | 10,99 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,81 | 0,46 | 193 |
| S/E CONDICION. | 22,30 | 23,30 | 22,30 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,65 | 0,91 | 3,4 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 15 - Modo Operacional 2 - 0 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 2 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,03 | 23,92 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,86 | 0,91 | 3,6 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,48 | 26,21 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,16 | 0,91 | 4,0 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,06 | 19,24 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,25 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,67 | 23,58 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,99 | 23,88 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,16 | 24,04 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,87 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,21 | 21,27 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,51 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,77 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,98 | 23,87 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,14 | 21,20 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,50 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,61 | 30,09 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,69 | 0,91 | 4,6 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,24 | 24,11 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,77 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA A2 | 138 | 15,70 | 15,70 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,95 | 0,46 | 276 |
| BARRA A3 | 138 | 15,69 | 15,69 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,94 | 0,46 | 276 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,73 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA B2 | 138 | 15,70 | 15,70 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,95 | 0,46 | 276 |
| BARRA B3 | 138 | 15,69 | 15,69 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,94 | 0,46 | 276 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,62 | 30,09 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,69 | 0,91 | 4,6 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 21,92 | 21,92 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,28 | 0,91 | 40 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,89 | 11,51 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,27 | 0,91 | 1,6 |
| BARRA-B1 | 138 | 14,33 | 14,33 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,64 | 0,46 | 252 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,65 | 21,68 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,57 | 0,91 | 3,3 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 16 - Modo Operacional 2 - 3 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 2 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,29 | 24,16 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,89 | 0,91 | 3,7 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,73 | 26,45 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,19 | 0,91 | 4,0 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,31 | 19,48 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,28 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,88 | 23,78 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,83 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,49 | 24,35 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,42 | 21,46 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,53 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,36 | 21,41 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,53 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,81 | 30,28 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,71 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,92 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA A2 | 138 | 18,13 | 18,13 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA A3 | 138 | 18,12 | 18,12 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,29 | 23,22 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,76 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA B2 | 138 | 18,12 | 18,12 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA B3 | 138 | 18,11 | 18,11 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,82 | 30,28 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,71 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,39 | 22,39 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,34 | 0,91 | 41 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,01 | 11,62 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,29 | 0,91 | 1,7 |
| BARRA-B1 | 138 | 15,83 | 15,83 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,97 | 0,46 | 278 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,96 | 21,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,60 | 0,91 | 3,3 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 17 - Modo Operacional 2 - 6 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 2 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,92 | 0,91 | 3,7 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,93 | 26,64 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,21 | 0,91 | 4,1 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,52 | 19,67 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,30 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 25,05 | 23,93 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,34 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,76 | 24,60 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,95 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,58 | 21,62 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,55 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,84 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,33 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,54 | 21,58 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,55 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,43 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,73 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,71 | 24,56 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,94 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,84 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA A2 | 138 | 20,62 | 20,62 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,96 | 0,46 | 362 |
| BARRA A3 | 138 | 20,60 | 20,60 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,96 | 0,46 | 362 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,51 | 23,42 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,79 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA B2 | 138 | 20,61 | 20,61 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,96 | 0,46 | 362 |
| BARRA B3 | 138 | 20,59 | 20,59 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,95 | 0,46 | 362 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,99 | 30,44 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,74 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,78 | 22,78 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,38 | 0,91 | 41 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,10 | 11,71 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,30 | 0,91 | 1,7 |
| BARRA-B1 | 138 | 17,25 | 17,25 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,28 | 0,46 | 303 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 23,21 | 22,20 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,64 | 0,91 | 3,3 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 18 - Modo Operacional 3 - 0 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 3 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,03 | 23,92 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,86 | 0,91 | 3,6 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,48 | 26,21 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,16 | 0,91 | 4,0 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,06 | 19,24 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,25 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,67 | 23,58 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,99 | 23,88 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,16 | 24,04 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,87 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,21 | 21,27 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,51 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,77 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,98 | 23,87 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,14 | 21,20 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,50 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,61 | 30,09 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,69 | 0,91 | 4,6 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,24 | 24,11 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,77 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA A2 | 138 | 15,70 | 15,70 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,95 | 0,46 | 276 |
| BARRA A3 | 138 | 15,69 | 15,69 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,94 | 0,46 | 276 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,73 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA B2 | 138 | 15,70 | 15,70 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,95 | 0,46 | 276 |
| BARRA B3 | 138 | 15,69 | 15,69 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,94 | 0,46 | 276 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,62 | 30,09 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,69 | 0,91 | 4,6 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 21,92 | 21,92 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,28 | 0,91 | 40 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,89 | 11,51 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,27 | 0,91 | 1,6 |
| BARRA-A1 | 138 | 14,33 | 14,33 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,64 | 0,46 | 252 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,65 | 21,68 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,57 | 0,91 | 3,3 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 19 - Modo Operacional 3 - 3 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 3 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,29 | 24,16 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,89 | 0,91 | 3,7 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,73 | 26,45 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,19 | 0,91 | 4,0 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,31 | 19,48 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,28 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,88 | 23,78 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,83 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,49 | 24,35 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,42 | 21,46 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,53 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,36 | 21,41 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,53 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,81 | 30,28 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,71 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,92 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA A2 | 138 | 18,13 | 18,13 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA A3 | 138 | 18,12 | 18,12 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,29 | 23,22 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,76 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA B2 | 138 | 18,12 | 18,12 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA B3 | 138 | 18,11 | 18,11 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,82 | 30,28 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,71 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,39 | 22,39 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,34 | 0,91 | 41 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,01 | 11,62 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,29 | 0,91 | 1,7 |
| BARRA-A1 | 138 | 15,83 | 15,83 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,97 | 0,46 | 278 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,96 | 21,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,60 | 0,91 | 3,3 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 20 - Modo Operacional 3 - 6 Geradores / Proteção contra Arco

| MODO OPERACIONAL 3 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 GERADORES | | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,92 | 0,91 | 3,7 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,93 | 26,64 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,21 | 0,91 | 4,1 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,52 | 19,67 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,30 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 25,05 | 23,93 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,34 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,76 | 24,60 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,95 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,58 | 21,62 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,55 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,84 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,33 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,54 | 21,58 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,55 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,43 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,73 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,71 | 24,56 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,94 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,84 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA A2 | 138 | 20,62 | 20,62 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,96 | 0,46 | 362 |
| BARRA A3 | 138 | 20,60 | 20,60 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,96 | 0,46 | 362 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,51 | 23,42 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,79 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA B2 | 138 | 20,61 | 20,61 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,96 | 0,46 | 362 |
| BARRA B3 | 138 | 20,59 | 20,59 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,95 | 0,46 | 362 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,99 | 30,44 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,74 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,78 | 22,78 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,38 | 0,91 | 41 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,10 | 11,71 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,30 | 0,91 | 1,7 |
| BARRA-A1 | 138 | 17,25 | 17,25 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,28 | 0,46 | 303 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 23,21 | 22,20 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,64 | 0,91 | 3,3 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 21 - Modo Operacional 4 - 0 Geradores / Proteção contra Arco

| MODO OPERACIONAL 4 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 GERADORES | | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,03 | 23,92 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,86 | 0,91 | 3,6 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,48 | 26,21 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,16 | 0,91 | 4,0 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,06 | 19,24 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,25 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,67 | 23,58 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,99 | 23,88 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,16 | 24,04 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,87 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,21 | 21,27 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,51 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,77 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,98 | 23,87 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,14 | 21,20 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,50 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,61 | 30,09 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,69 | 0,91 | 4,6 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,24 | 24,11 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,77 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,73 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA B2 | 138 | 15,71 | 15,71 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,95 | 0,46 | 276 |
| BARRA B3 | 138 | 15,70 | 15,70 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,94 | 0,46 | 276 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,62 | 30,09 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,69 | 0,91 | 4,6 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 21,92 | 21,92 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,28 | 0,91 | 40 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,90 | 11,51 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,27 | 0,91 | 1,6 |
| BARRA-A1 | 138 | 14,33 | 14,33 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,64 | 0,46 | 252 |
| BARRA-B1 | 138 | 14,33 | 14,33 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,64 | 0,46 | 252 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,65 | 21,68 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,57 | 0,91 | 3,3 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 22 - Modo Operacional 4 - 3 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 4 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,29 | 24,16 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,89 | 0,91 | 3,7 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,73 | 26,45 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,19 | 0,91 | 4,0 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,31 | 19,48 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,28 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,88 | 23,78 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,83 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,49 | 24,35 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,42 | 21,46 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,53 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,36 | 21,41 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,53 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,81 | 30,28 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,71 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,92 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,29 | 23,22 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,76 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA B2 | 138 | 18,13 | 18,13 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA B3 | 138 | 18,12 | 18,12 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,82 | 30,28 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,71 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,39 | 22,39 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,34 | 0,91 | 41 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,01 | 11,62 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,29 | 0,91 | 1,7 |
| BARRA-A1 | 138 | 15,82 | 15,82 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,97 | 0,46 | 278 |
| BARRA-B1 | 138 | 15,82 | 15,82 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,97 | 0,46 | 278 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,96 | 21,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,60 | 0,91 | 3,3 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 23 - Modo Operacional 4 - 6 Geradores / Proteção contra Arco

| MODO OPERACIONAL 4 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,92 | 0,91 | 3,7 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,93 | 26,64 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,21 | 0,91 | 4,1 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,52 | 19,67 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,30 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 25,05 | 23,93 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,34 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,76 | 24,60 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,95 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,58 | 21,62 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,55 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,84 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,34 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,54 | 21,58 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,55 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,43 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,73 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,71 | 24,56 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,94 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,84 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,51 | 23,43 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,79 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA B2 | 138 | 20,62 | 20,62 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,96 | 0,46 | 362 |
| BARRA B3 | 138 | 20,61 | 20,61 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,96 | 0,46 | 362 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,44 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,74 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,78 | 22,78 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,38 | 0,91 | 41 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,10 | 11,71 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,30 | 0,91 | 1,7 |
| BARRA-A1 | 138 | 17,25 | 17,25 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,28 | 0,46 | 303 |
| BARRA-B1 | 138 | 17,25 | 17,25 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,28 | 0,46 | 303 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 23,21 | 22,21 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,64 | 0,91 | 3,3 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 24 - Modo Operacional 5 - 0 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 5 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,03 | 23,92 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,86 | 0,91 | 3,6 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,48 | 26,21 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,16 | 0,91 | 4,0 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,06 | 19,24 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,25 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,67 | 23,58 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,99 | 23,88 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,16 | 24,04 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,87 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,21 | 21,27 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,51 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,77 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,98 | 23,87 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,14 | 21,20 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,50 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,61 | 30,09 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,69 | 0,91 | 4,6 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,24 | 24,11 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,77 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA A2 | 138 | 15,71 | 15,71 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,95 | 0,46 | 276 |
| BARRA A3 | 138 | 15,70 | 15,70 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,94 | 0,46 | 276 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,73 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,62 | 30,09 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,69 | 0,91 | 4,6 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 21,92 | 21,92 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,28 | 0,91 | 40 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,90 | 11,51 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,27 | 0,91 | 1,6 |
| BARRA-A1 | 138 | 14,33 | 14,33 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,64 | 0,46 | 252 |
| BARRA-B1 | 138 | 14,33 | 14,33 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,64 | 0,46 | 252 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,65 | 21,68 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,57 | 0,91 | 3,3 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 25 - Modo Operacional 5 - 3 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 5 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,29 | 24,16 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,89 | 0,91 | 3,7 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,73 | 26,45 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,19 | 0,91 | 4,0 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,31 | 19,48 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,28 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,88 | 23,78 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,83 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,49 | 24,35 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,42 | 21,46 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,53 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,36 | 21,41 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,53 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,81 | 30,28 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,71 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,92 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA A2 | 138 | 18,13 | 18,13 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA A3 | 138 | 18,12 | 18,12 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,29 | 23,22 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,76 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,82 | 30,28 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,71 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,39 | 22,39 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,34 | 0,91 | 41 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,01 | 11,62 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,29 | 0,91 | 1,7 |
| BARRA-A1 | 138 | 15,82 | 15,82 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,97 | 0,46 | 278 |
| BARRA-B1 | 138 | 15,82 | 15,82 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,97 | 0,46 | 278 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,96 | 21,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,60 | 0,91 | 3,3 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 26 - Modo Operacional 5 - 6 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 5 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,92 | 0,91 | 3,7 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,93 | 26,64 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,21 | 0,91 | 4,1 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,52 | 19,67 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,30 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 25,05 | 23,93 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,34 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,76 | 24,60 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,95 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,58 | 21,62 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,55 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,84 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,34 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,54 | 21,58 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,55 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,43 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,73 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,71 | 24,56 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,94 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,84 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA A2 | 138 | 20,62 | 20,62 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,96 | 0,46 | 362 |
| BARRA A3 | 138 | 20,61 | 20,61 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,96 | 0,46 | 362 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,51 | 23,43 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,79 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,44 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,74 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,78 | 22,78 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,38 | 0,91 | 41 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,10 | 11,71 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,30 | 0,91 | 1,7 |
| BARRA-A1 | 138 | 17,25 | 17,25 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,28 | 0,46 | 303 |
| BARRA-B1 | 138 | 17,25 | 17,25 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,28 | 0,46 | 303 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 23,21 | 22,21 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,64 | 0,91 | 3,3 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 27 - Modo Operacional 6 - 0 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 6 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 22,96 | 21,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,59 | 0,91 | 3,3 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 24,32 | 23,25 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,75 | 0,91 | 3,5 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 18,07 | 17,37 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,99 | 0,91 | 2,6 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 22,05 | 21,12 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,47 | 0,91 | 3,1 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 22,83 | 21,85 | 0.085 | Yes | SWG | 153 | 1,97 | 0,91 | 2,5 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 22,61 | 21,64 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,54 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 19,66 | 18,86 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,18 | 0,91 | 2,8 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 21,99 | 21,05 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,47 | 0,91 | 3,1 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 22,83 | 21,85 | 0.085 | Yes | SWG | 153 | 1,97 | 0,91 | 2,5 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 19,39 | 18,60 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,15 | 0,91 | 2,7 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 28,95 | 27,60 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,34 | 0,91 | 4,2 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 23,13 | 22,13 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,61 | 0,91 | 3,3 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 21,99 | 21,06 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,47 | 0,91 | 3,1 |
| BARRA A2 | 138,00 | 9,22 | 9,22 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,32 | 0,46 | 162 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 21,90 | 20,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,46 | 0,91 | 3 |
| BARRA B2 | 138,00 | 7,36 | 7,36 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 4,76 | 0,46 | 129,3 |
| BARRA B3 | 138,00 | 7,36 | 7,36 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 4,75 | 0,46 | 129,3 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 28,96 | 27,60 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,34 | 0,91 | 4 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 18,54 | 18,54 | 0.085 | No | SWG | 153 | 4,84 | 0,91 | 33,5 |
| BARRA RUG | 13,80 | 10,96 | 10,62 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,16 | 0,91 | 2 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 9,31 | 9,31 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,35 | 0,46 | 164 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 6,20 | 6,20 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 4,36 | 0,46 | 108,9 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 20,28 | 19,45 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,26 | 0,91 | 2,88 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 28 - Modo Operacional 6 - 3 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 6 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 24,20 | 23,14 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,75 | 0,91 | 3,5 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 25,69 | 24,53 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,93 | 0,91 | 3,7 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 19,21 | 18,44 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,14 | 0,91 | 2,7 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 23,22 | 22,22 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,62 | 0,91 | 3,3 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,11 | 23,05 | 0.085 | Yes | SWG | 153 | 2,09 | 0,91 | 2,7 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 24,06 | 23,01 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,73 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 20,77 | 19,91 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,33 | 0,91 | 3,0 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 23,33 | 22,32 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,64 | 0,91 | 3,4 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,11 | 23,05 | 0.085 | Yes | SWG | 153 | 2,09 | 0,91 | 2,7 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 20,55 | 19,71 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,30 | 0,91 | 2,9 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 30,23 | 28,79 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,51 | 0,91 | 4,4 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 24,39 | 23,31 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,77 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 23,34 | 22,32 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,64 | 0,91 | 3,4 |
| BARRA A2 | 138,00 | 9,22 | 9,22 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,32 | 0,46 | 162 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 23,15 | 22,15 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,62 | 0,91 | 3 |
| BARRA B2 | 138,00 | 10,06 | 10,06 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,56 | 0,46 | 176,6 |
| BARRA B3 | 138,00 | 10,06 | 10,06 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,56 | 0,46 | 176,6 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 30,24 | 28,80 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,51 | 0,91 | 4 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 20,28 | 20,28 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,07 | 0,91 | 36,8 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,53 | 11,16 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,23 | 0,91 | 2 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 9,31 | 9,31 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,35 | 0,46 | 164 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 7,93 | 7,93 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 4,94 | 0,46 | 139,2 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 21,62 | 20,71 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,43 | 0,91 | 3,10 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 29 - Modo Operacional 6 - 6 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 6 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 24,81 | 23,71 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,83 | 0,91 | 3,6 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 26,38 | 25,18 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,01 | 0,91 | 3,8 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 19,79 | 18,99 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,21 | 0,91 | 2,8 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 23,79 | 22,75 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,70 | 0,91 | 3,4 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,74 | 23,64 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 24,81 | 23,71 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,82 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 21,33 | 20,44 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,40 | 0,91 | 3,1 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,73 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,74 | 23,64 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 21,15 | 20,27 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,38 | 0,91 | 3,0 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 30,81 | 29,33 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,58 | 0,91 | 4,5 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,00 | 23,89 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,73 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA A2 | 138,00 | 9,22 | 9,22 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,32 | 0,46 | 162 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 23,77 | 22,73 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,70 | 0,91 | 3 |
| BARRA B2 | 138,00 | 12,69 | 12,69 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,24 | 0,46 | 223,0 |
| BARRA B3 | 138,00 | 12,69 | 12,69 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,24 | 0,46 | 222,9 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 30,81 | 29,34 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,58 | 0,91 | 5 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 21,29 | 21,29 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,20 | 0,91 | 38,7 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,80 | 11,42 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,26 | 0,91 | 2 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 9,31 | 9,31 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,35 | 0,46 | 164 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 9,43 | 9,43 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,38 | 0,46 | 165,6 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,32 | 21,37 | 0.085 | Yes | SWG | 153 | 1,93 | 0,91 | 2,47 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 30 - Modo Operacional 7 - 0 Geradores / Proteção contra Arco

| MODO OPERACIONAL 7 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 GERADORES | | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 22,96 | 21,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,59 | 0,91 | 3,3 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 24,32 | 23,25 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,75 | 0,91 | 3,5 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 18,07 | 17,37 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,99 | 0,91 | 2,6 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 22,05 | 21,12 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,47 | 0,91 | 3,1 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 22,83 | 21,85 | 0.085 | Yes | SWG | 153 | 1,97 | 0,91 | 2,5 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 22,61 | 21,64 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,54 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 19,66 | 18,86 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,18 | 0,91 | 2,8 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 21,98 | 21,05 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,47 | 0,91 | 3,1 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 22,83 | 21,85 | 0.085 | Yes | SWG | 153 | 1,97 | 0,91 | 2,5 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 19,39 | 18,60 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,15 | 0,91 | 2,7 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 28,95 | 27,60 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,34 | 0,91 | 4,2 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 23,13 | 22,13 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,61 | 0,91 | 3,3 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 21,99 | 21,05 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,47 | 0,91 | 3,1 |
| BARRA A2 | 138,00 | 9,22 | 9,22 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,32 | 0,46 | 162 |
| BARRA A3 | 138,00 | 7,36 | 7,36 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 4,75 | 0,46 | 129 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 21,90 | 20,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,46 | 0,91 | 3,1 |
| BARRA B2 | 138,00 | 7,36 | 7,36 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 4,76 | 0,46 | 129,3 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 28,96 | 27,60 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,34 | 0,91 | 4 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 18,54 | 18,54 | 0.085 | No | SWG | 153 | 4,84 | 0,91 | 33,5 |
| BARRA RUG | 13,80 | 10,96 | 10,62 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,16 | 0,91 | 2 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 9,31 | 9,31 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,35 | 0,46 | 164 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 6,20 | 6,20 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 4,36 | 0,46 | 108,9 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 20,28 | 19,45 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,26 | 0,91 | 2,88 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 31 - Modo Operacional 7 - 3 Geradores / Proteção contra Arco

| MODO OPERACIONAL 7 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 GERADORES | | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 24,20 | 23,14 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,75 | 0,91 | 3,5 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 25,69 | 24,53 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,93 | 0,91 | 3,7 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 19,21 | 18,44 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,14 | 0,91 | 2,7 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 23,22 | 22,21 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,62 | 0,91 | 3,3 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,11 | 23,05 | 0.085 | Yes | SWG | 153 | 2,09 | 0,91 | 2,7 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 24,06 | 23,01 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,73 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 20,77 | 19,91 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,33 | 0,91 | 3,0 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 23,33 | 22,32 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,64 | 0,91 | 3,4 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,11 | 23,05 | 0.085 | Yes | SWG | 153 | 2,09 | 0,91 | 2,7 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 20,55 | 19,71 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,30 | 0,91 | 2,9 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 30,23 | 28,79 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,51 | 0,91 | 4,4 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 24,39 | 23,31 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,77 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 23,34 | 22,32 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,64 | 0,91 | 3,4 |
| BARRA A2 | 138,00 | 9,22 | 9,22 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,32 | 0,46 | 162 |
| BARRA A3 | 138,00 | 10,05 | 10,05 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,56 | 0,46 | 177 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 23,15 | 22,15 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,62 | 0,91 | 3,3 |
| BARRA B2 | 138,00 | 10,06 | 10,06 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,56 | 0,46 | 176,6 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 30,24 | 28,80 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,51 | 0,91 | 4 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 20,28 | 20,28 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,07 | 0,91 | 36,8 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,53 | 11,16 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,23 | 0,91 | 2 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 9,31 | 9,31 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,35 | 0,46 | 164 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 7,93 | 7,93 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 4,94 | 0,46 | 139,2 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 21,62 | 20,71 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,43 | 0,91 | 3,10 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 32 - Modo Operacional 7 - 6 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 7 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 24,81 | 23,71 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,83 | 0,91 | 3,6 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 26,38 | 25,18 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,01 | 0,91 | 3,8 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 19,79 | 18,99 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,21 | 0,91 | 2,8 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 23,79 | 22,75 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,70 | 0,91 | 3,4 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,74 | 23,64 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 24,81 | 23,71 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,82 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 21,33 | 20,44 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,40 | 0,91 | 3,1 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,73 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,74 | 23,64 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 21,15 | 20,27 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,38 | 0,91 | 3,0 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 30,81 | 29,33 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,58 | 0,91 | 4,5 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,00 | 23,89 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,73 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA A2 | 138,00 | 9,22 | 9,22 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,32 | 0,46 | 162 |
| BARRA A3 | 138,00 | 12,69 | 12,69 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,24 | 0,46 | 223 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 23,77 | 22,73 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,70 | 0,91 | 3,4 |
| BARRA B2 | 138,00 | 12,69 | 12,69 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,24 | 0,46 | 222,9 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 30,81 | 29,34 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,58 | 0,91 | 5 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 21,29 | 21,29 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,20 | 0,91 | 38,7 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,80 | 11,42 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,26 | 0,91 | 2 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 9,31 | 9,31 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,35 | 0,46 | 164 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 9,43 | 9,43 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 5,38 | 0,46 | 165,6 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,32 | 21,37 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,52 | 0,91 | 3,21 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 33 - Modo Operacional 8 - 0 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 8 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,03 | 23,92 | 0.085 | 0 | No | SWG | 153 | 2,86 | 0,9 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,48 | 26,21 | 0.085 | 0 | No | SWG | 153 | 3,16 | 0,9 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,06 | 19,24 | 0.085 | 0 | No | SWG | 153 | 2,25 | 0,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,67 | 23,58 | 0.085 | 0 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,9 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,99 | 23,88 | 0.085 | 0 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,9 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,16 | 24,04 | 0.085 | 0 | No | SWG | 153 | 2,87 | 0,9 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,21 | 21,27 | 0.085 | 0 | No | SWG | 153 | 2,51 | 0,9 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.085 | 0 | No | SWG | 153 | 2,77 | 0,9 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,98 | 23,87 | 0.085 | 0 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,9 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,14 | 21,20 | 0.085 | 0 | No | SWG | 153 | 2,50 | 0,9 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,61 | 30,09 | 0.085 | 0 | No | SWG | 153 | 3,69 | 0,9 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,24 | 24,11 | 0.085 | 0 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,9 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.085 | 0 | No | SWG | 153 | 2,77 | 0,9 |
| BARRA A2 | 138,00 | 15,70 | 15,70 | 0.052 | 0 | Yes | AIR | 153 | 6,95 | 0 |
| BARRA A3 | 138,00 | 15,69 | 15,69 | 0.052 | 0 | Yes | AIR | 153 | 6,94 | 0 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.085 | 0 | Yes | SWG | 153 | 2,09 | 0,9 |
| BARRA B2 | 138,00 | 15,70 | 15,70 | 0.052 | 0 | Yes | AIR | 153 | 6,95 | 0,5 |
| BARRA B3 | 138,00 | 15,69 | 15,69 | 0.052 | 0 | Yes | AIR | 153 | 6,94 | 0 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,62 | 30,09 | 0.085 | 0 | No | SWG | 153 | 3,69 | 0,9 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 21,92 | 21,92 | 0.085 | 0 | No | SWG | 153 | 5,28 | 1 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,89 | 11,51 | 0.085 | 0 | Yes | SWG | 153 | 0,97 | 1 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 14,33 | 14,33 | 0.052 | 0 | Yes | AIR | 153 | 6,64 | 0,5 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 14,33 | 14,33 | 0.052 | 0 | Yes | AIR | 153 | 6,64 | 0,46 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,65 | 21,68 | 0.085 | 0 | No | SWG | 153 | 2,57 | 0,91 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 34 - Modo Operacional 8 - 3 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 8 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,29 | 24,16 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,89 | 0,91 | 3,7 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,73 | 26,45 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,19 | 0,91 | 4,0 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,31 | 19,48 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,28 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,88 | 23,78 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,83 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,49 | 24,35 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,42 | 21,46 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,53 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,36 | 21,41 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,53 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,81 | 30,28 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,71 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,92 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA A2 | 138,00 | 18,13 | 18,13 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA A3 | 138,00 | 18,12 | 18,12 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,29 | 23,22 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,76 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA B2 | 138,00 | 18,12 | 18,12 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318,3 |
| BARRA B3 | 138,00 | 18,11 | 18,11 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,82 | 30,28 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,71 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,39 | 22,39 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,34 | 0,91 | 41 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,01 | 11,62 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,29 | 0,91 | 2 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 15,83 | 15,83 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,97 | 0,46 | 278,0 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 15,82 | 15,82 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,97 | 0,46 | 277,89 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,96 | 21,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,60 | 0,91 | 3,31 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 35 - Modo Operacional 8 - 6 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 8 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,92 | 0,91 | 3,7 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,93 | 26,64 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,21 | 0,91 | 4,1 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,52 | 19,67 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,30 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 25,05 | 23,93 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,34 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,76 | 24,60 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,95 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,58 | 21,62 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,55 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,84 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,33 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,54 | 21,58 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,55 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,43 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,73 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,71 | 24,56 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,94 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,84 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA A2 | 138,00 | 20,62 | 20,62 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,96 | 0,46 | 362 |
| BARRA A3 | 138,00 | 20,60 | 20,60 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,96 | 0,46 | 362 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,51 | 23,42 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,79 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA B2 | 138,00 | 20,61 | 20,61 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,96 | 0,46 | 362,0 |
| BARRA B3 | 138,00 | 20,59 | 20,59 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,95 | 0,46 | 362 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,44 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,74 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,78 | 22,78 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,38 | 0,91 | 41 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,10 | 11,71 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,30 | 0,91 | 2 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 17,25 | 17,25 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,28 | 0,46 | 302,9 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 17,24 | 17,24 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,28 | 0,46 | 302,85 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 23,21 | 22,20 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,64 | 0,91 | 3,35 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 36 - Modo Operacional 9 - 0 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 9 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,03 | 23,92 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,86 | 0,91 | 3,6 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,48 | 26,21 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,16 | 0,91 | 4,0 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,06 | 19,24 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,25 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,67 | 23,58 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,99 | 23,88 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,16 | 24,04 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,87 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,21 | 21,27 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,51 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.085 | Yes | SWG | 153 | 2,12 | 0,91 | 2,7 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,98 | 23,87 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,14 | 21,20 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,50 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,61 | 30,09 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,69 | 0,91 | 4,6 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,24 | 24,11 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.085 | Yes | SWG | 153 | 2,12 | 0,91 | 2,7 |
| BARRA A2 | 138,00 | 15,70 | 15,70 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,95 | 0,46 | 276 |
| BARRA A3 | 138,00 | 15,69 | 15,69 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,94 | 0,46 | 276 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,73 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA B2 | 138,00 | 15,70 | 15,70 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,95 | 0,46 | 275,8 |
| BARRA B3 | 138,00 | 15,69 | 15,69 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,94 | 0,46 | 276 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,62 | 30,09 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,69 | 0,91 | 4,6 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 21,92 | 21,92 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,28 | 0,91 | 40 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,89 | 11,51 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,27 | 0,91 | 2 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 14,33 | 14,33 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,64 | 0,46 | 251,7 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 14,33 | 14,33 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,64 | 0,46 | 251,74 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,65 | 21,68 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,57 | 0,91 | 3,26 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 37 - Modo Operacional 9 - 3 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 9 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,29 | 24,16 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,89 | 0,91 | 3,7 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,73 | 26,45 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,19 | 0,91 | 4,0 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,31 | 19,48 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,28 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,88 | 23,78 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,83 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,49 | 24,35 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,42 | 21,46 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,53 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,88 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,36 | 21,41 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,53 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,81 | 30,28 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,71 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,92 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,81 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA A2 | 138,00 | 18,13 | 18,13 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA A3 | 138,00 | 18,12 | 18,12 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,29 | 23,22 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,76 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA B2 | 138,00 | 18,12 | 18,12 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318,3 |
| BARRA B3 | 138,00 | 18,11 | 18,11 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,46 | 0,46 | 318 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,82 | 30,28 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,71 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,39 | 22,39 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,34 | 0,91 | 41 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,01 | 11,62 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,29 | 0,91 | 2 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 15,82 | 15,82 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,97 | 0,46 | 277,9 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 15,82 | 15,82 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 6,97 | 0,46 | 277,93 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,96 | 21,97 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,60 | 0,91 | 3,31 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 38 - Modo Operacional 9 - 6 Geradores / Proteção contra Arco

| | MODO OPERACIONAL 9 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,92 | 0,91 | 3,7 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,93 | 26,64 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,21 | 0,91 | 4,1 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,52 | 19,67 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,30 | 0,91 | 2,9 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 25,05 | 23,93 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,85 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,34 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,76 | 24,60 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,95 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,58 | 21,62 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,55 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,84 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,33 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,91 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,54 | 21,58 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,55 | 0,91 | 3,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,43 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,73 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,71 | 24,56 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,94 | 0,91 | 3,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,84 | 0,91 | 3,6 |
| BARRA A2 | 138,00 | 20,62 | 20,62 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,96 | 0,46 | 362 |
| BARRA A3 | 138,00 | 20,60 | 20,60 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,96 | 0,46 | 362 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,51 | 23,42 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,79 | 0,91 | 3,5 |
| BARRA B2 | 138,00 | 20,61 | 20,61 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,96 | 0,46 | 362,0 |
| BARRA B3 | 138,00 | 20,59 | 20,59 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,95 | 0,46 | 362 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,44 | 0.085 | No | SWG | 153 | 3,74 | 0,91 | 4,7 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,78 | 22,78 | 0.085 | No | SWG | 153 | 5,38 | 0,91 | 41 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,10 | 11,71 | 0.085 | No | SWG | 153 | 1,30 | 0,91 | 2 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 17,25 | 17,25 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,28 | 0,46 | 302,9 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 17,25 | 17,25 | 0.052 | Yes | AIR | 153 | 7,28 | 0,46 | 302,89 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 23,21 | 22,20 | 0.085 | No | SWG | 153 | 2,64 | 0,91 | 3,35 |

Fonte: produção própria do autor.

## 6.2. Proteção Atual

Tabela 39 - Modo Operacional 1 - 0 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 1 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,13 | 24,01 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,76 | 0,91 | 8,4 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 25,85 | 24,69 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,00 | 0,91 | 7,5 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,16 | 19,33 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,04 | 0,91 | 7,5 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 23,33 | 22,32 | 0.238 | No | SWG | 153 | 5,68 | 0,91 | 7,1 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,09 | 23,98 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,39 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,29 | 24,16 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,61 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 20,90 | 20,03 | 0.244 | No | SWG | 153 | 5,50 | 0,91 | 6,9 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,45 | 23,37 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,70 | 0,91 | 8,3 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,09 | 23,98 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,39 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 20,71 | 19,86 | 0.244 | No | SWG | 153 | 5,54 | 0,91 | 6,9 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 30,28 | 28,84 | 0.226 | No | SWG | 153 | 7,88 | 0,91 | 9,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,34 | 24,21 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,87 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,45 | 23,37 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,70 | 0,91 | 8,3 |
| BARRA A2 | 138 | 16,57 | 16,57 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,40 | 0,46 | 403 |
| BARRA A3 | 138 | 16,57 | 16,57 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,40 | 0,46 | 403 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,13 | 23,07 | 0.326 | No | SWG | 153 | 8,31 | 0,91 | 10 |
| BARRA B2 | 138 | 16,57 | 16,57 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,39 | 0,46 | 403 |
| BARRA B3 | 138 | 16,57 | 16,57 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,40 | 0,46 | 403 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 30,29 | 28,85 | 0.226 | No | SWG | 153 | 7,89 | 0,91 | 9,7 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,10 | 22,10 | 0.243 | No | SWG | 153 | 8,78 | 0,91 | 110 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,94 | 11,55 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,71 | 0,91 | 9,5 |
| BARRA-A1 | 138 | 12,24 | 12,24 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 7,22 | 0,46 | 298 |
| BARRA-B1 | 138 | 8,72 | 8,72 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,09 | 0,46 | 212 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,77 | 21,80 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,71 | 0,91 | 8,3 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 40 - Modo Operacional 1 - 3 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 1 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,38 | 24,25 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,90 | 0,91 | 8,5 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 26,31 | 25,12 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,24 | 0,91 | 7,7 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,40 | 19,56 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,19 | 0,91 | 7,7 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 23,72 | 22,68 | 0.238 | No | SWG | 153 | 5,88 | 0,91 | 7,3 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,36 | 24,22 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,53 | 0,91 | 8,1 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,61 | 24,46 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,79 | 0,91 | 8,4 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 21,28 | 20,39 | 0.244 | No | SWG | 153 | 5,71 | 0,91 | 7,1 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,73 | 23,64 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,88 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,35 | 24,22 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,53 | 0,91 | 8,1 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 21,12 | 20,24 | 0.244 | No | SWG | 153 | 5,76 | 0,91 | 7,2 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 30,66 | 29,20 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,10 | 0,91 | 10,0 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,59 | 24,45 | 0.239 | No | SWG | 153 | 7,02 | 0,91 | 8,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,74 | 23,64 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,88 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA A2 | 138 | 19,14 | 19,14 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,02 | 0,46 | 465 |
| BARRA A3 | 138 | 19,14 | 19,14 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,02 | 0,46 | 465 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,38 | 23,31 | 0.326 | No | SWG | 153 | 8,52 | 0,91 | 10 |
| BARRA B2 | 138 | 19,13 | 19,13 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,02 | 0,46 | 465 |
| BARRA B3 | 138 | 19,14 | 19,14 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,02 | 0,46 | 465 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 30,67 | 29,20 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,10 | 0,91 | 10,0 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,56 | 22,56 | 0.243 | No | SWG | 153 | 8,93 | 0,91 | 114 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,05 | 11,66 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,86 | 0,91 | 9,7 |
| BARRA-A1 | 138 | 12,92 | 12,92 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 7,41 | 0,46 | 314 |
| BARRA-B1 | 138 | 9,87 | 9,87 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,48 | 0,46 | 240 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 23,07 | 22,07 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,89 | 0,91 | 8,5 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 41 - Modo Operacional 1 - 6 Geradores / Proteção Atual

| MODO OPERACIONAL 1 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 GERADORES | | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,58 | 24,43 | 0.237 | No | SWG | 153 | 7,00 | 0,91 | 8,7 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 26,68 | 25,47 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,41 | 0,91 | 7,9 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,60 | 19,75 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,30 | 0,91 | 7,8 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,03 | 0,91 | 7,5 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,56 | 24,42 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,64 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,86 | 24,70 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,92 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 21,57 | 20,67 | 0.244 | No | SWG | 153 | 5,86 | 0,91 | 7,3 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,96 | 23,85 | 0.241 | No | SWG | 153 | 7,00 | 0,91 | 8,7 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,56 | 24,41 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,64 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 21,44 | 20,54 | 0.244 | No | SWG | 153 | 5,93 | 0,91 | 7,4 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 30,96 | 29,48 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,25 | 0,91 | 10,2 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,79 | 24,63 | 0.239 | No | SWG | 153 | 7,12 | 0,91 | 8,8 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,96 | 23,85 | 0.241 | No | SWG | 153 | 7,00 | 0,91 | 8,7 |
| BARRA A2 | 138 | 21,74 | 21,74 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,62 | 0,46 | 529 |
| BARRA A3 | 138 | 21,74 | 21,74 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,62 | 0,46 | 529 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,59 | 23,50 | 0.326 | No | SWG | 153 | 8,66 | 0,91 | 11 |
| BARRA B2 | 138 | 21,74 | 21,74 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,62 | 0,46 | 529 |
| BARRA B3 | 138 | 21,74 | 21,74 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,62 | 0,46 | 529 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 30,97 | 29,49 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,25 | 0,91 | 10,2 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,93 | 22,93 | 0.243 | No | SWG | 153 | 9,04 | 0,91 | 117 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,14 | 11,74 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,96 | 0,91 | 9,8 |
| BARRA-A1 | 138 | 13,51 | 13,51 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 7,58 | 0,46 | 328 |
| BARRA-B1 | 138 | 10,99 | 10,99 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,84 | 0,46 | 267 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 23,30 | 22,30 | 0.245 | No | SWG | 153 | 7,02 | 0,91 | 8,7 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 42 - Modo Operacional 2 - 0 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 2 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,03 | 23,92 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,74 | 0,91 | 8,3 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,48 | 26,21 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,69 | 0,91 | 8,3 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,06 | 19,24 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,02 | 0,91 | 7,5 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,67 | 23,58 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,28 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,99 | 23,88 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,36 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,16 | 24,04 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,59 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,21 | 21,27 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,11 | 0,91 | 7,6 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,68 | 0,91 | 8,3 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,98 | 23,87 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,36 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,14 | 21,20 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,20 | 0,91 | 7,7 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,61 | 30,09 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,50 | 0,91 | 10,5 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,24 | 24,11 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,85 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,68 | 0,91 | 8,3 |
| BARRA A2 | 138 | 15,70 | 15,70 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA A3 | 138 | 15,69 | 15,69 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.326 | No | SWG | 153 | 8,28 | 0,91 | 10 |
| BARRA B2 | 138 | 15,70 | 15,70 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA B3 | 138 | 15,69 | 15,69 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,62 | 30,09 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,50 | 0,91 | 10,5 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 21,92 | 21,92 | 0.243 | No | SWG | 153 | 8,76 | 0,91 | 110 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,89 | 11,51 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,69 | 0,91 | 9,5 |
| BARRA-B1 | 138 | 14,33 | 14,33 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 7,81 | 0,46 | 349 |
| S/E CONDICION. | 14 | 22,65 | 21,68 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,68 | 0,91 | 8 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 43 - Modo Operacional 2 - 3 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 2 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,29 | 24,16 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,87 | 0,91 | 8,5 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,73 | 26,45 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,82 | 0,91 | 8,4 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,31 | 19,48 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,16 | 0,91 | 7,6 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,88 | 23,78 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,38 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,51 | 0,91 | 8,1 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,49 | 24,35 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,76 | 0,91 | 8,4 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,42 | 21,46 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,23 | 0,91 | 7,7 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,84 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,50 | 0,91 | 8,1 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,36 | 21,41 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,32 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,81 | 30,28 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,60 | 0,91 | 10,6 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,99 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,84 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA A2 | 138 | 18,13 | 18,13 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 441 |
| BARRA A3 | 138 | 18,12 | 18,12 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 441 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,29 | 23,22 | 0.326 | No | SWG | 153 | 8,48 | 0,91 | 10 |
| BARRA B2 | 138 | 18,12 | 18,12 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 441 |
| BARRA B3 | 138 | 18,11 | 18,11 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 440 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,82 | 30,28 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,61 | 0,91 | 10,6 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,39 | 22,39 | 0.243 | No | SWG | 153 | 8,90 | 0,91 | 113 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,01 | 11,62 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,83 | 0,91 | 9,7 |
| BARRA-B1 | 138 | 15,83 | 15,83 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,20 | 0,46 | 385 |
| S/E CONDICION. | 14 | 22,96 | 21,97 | 0.245 | Yes | SWG | 153 | 5,25 | 0,91 | 7 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 44 - Modo Operacional 2 - 6 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 2 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,98 | 0,91 | 8,6 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,93 | 26,64 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,91 | 0,91 | 8,6 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,52 | 19,67 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,27 | 0,91 | 7,8 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 25,05 | 23,93 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,46 | 0,91 | 8,0 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,34 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,61 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,76 | 24,60 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,88 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,58 | 21,62 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,31 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,96 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,33 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,61 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,54 | 21,58 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,41 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,43 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,68 | 0,91 | 10,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,71 | 24,56 | 0.239 | No | SWG | 153 | 7,09 | 0,91 | 8,8 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,96 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA A2 | 138 | 20,62 | 20,62 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA A3 | 138 | 20,60 | 20,60 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,51 | 23,42 | 0.326 | No | SWG | 153 | 8,63 | 0,91 | 11 |
| BARRA B2 | 138 | 20,61 | 20,61 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA B3 | 138 | 20,59 | 20,59 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,99 | 30,44 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,68 | 0,91 | 10,7 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,78 | 22,78 | 0.243 | No | SWG | 153 | 9,01 | 0,91 | 116 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,10 | 11,71 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,94 | 0,91 | 9,8 |
| BARRA-B1 | 138 | 17,25 | 17,25 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,57 | 0,46 | 419 |
| S/E CONDICION. | 14 | 23,21 | 22,20 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,98 | 0,91 | 9 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 45 - Modo Operacional 3 - 0 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 3 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,03 | 23,92 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,74 | 0,91 | 8,3 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,48 | 26,21 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,69 | 0,91 | 8,3 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,06 | 19,24 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,02 | 0,91 | 7,5 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,67 | 23,58 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,28 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,99 | 23,88 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,36 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,16 | 24,04 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,59 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,21 | 21,27 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,11 | 0,91 | 7,6 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,68 | 0,91 | 8,3 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,98 | 23,87 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,36 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,14 | 21,20 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,20 | 0,91 | 7,7 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,61 | 30,09 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,50 | 0,91 | 10,5 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,24 | 24,11 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,85 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,68 | 0,91 | 8,3 |
| BARRA A2 | 138 | 15,70 | 15,70 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA A3 | 138 | 15,69 | 15,69 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.326 | No | SWG | 153 | 8,28 | 0,91 | 10 |
| BARRA B2 | 138 | 15,70 | 15,70 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA B3 | 138 | 15,69 | 15,69 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,62 | 30,09 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,50 | 0,91 | 10,5 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 21,92 | 21,92 | 0.243 | No | SWG | 153 | 8,76 | 0,91 | 110 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,89 | 11,51 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,69 | 0,91 | 9,5 |
| BARRA-A1 | 138 | 14,33 | 14,33 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 7,81 | 0,46 | 349 |
| S/E CONDICION. | 14 | 22,65 | 21,68 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,68 | 0,91 | 8 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 46 - Modo Operacional 3 - 3 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 3 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,29 | 24,16 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,87 | 0,91 | 8,5 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,73 | 26,45 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,82 | 0,91 | 8,4 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,31 | 19,48 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,16 | 0,91 | 7,6 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,88 | 23,78 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,38 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,51 | 0,91 | 8,1 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,49 | 24,35 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,76 | 0,91 | 8,4 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,42 | 21,46 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,23 | 0,91 | 7,7 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,84 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,50 | 0,91 | 8,1 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,36 | 21,41 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,32 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,81 | 30,28 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,60 | 0,91 | 10,6 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,99 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,84 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA A2 | 138 | 18,13 | 18,13 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 441 |
| BARRA A3 | 138 | 18,12 | 18,12 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 441 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,29 | 23,22 | 0.326 | No | SWG | 153 | 8,48 | 0,91 | 10 |
| BARRA B2 | 138 | 18,12 | 18,12 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 441 |
| BARRA B3 | 138 | 18,11 | 18,11 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 440 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,82 | 30,28 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,61 | 0,91 | 10,6 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,39 | 22,39 | 0.243 | No | SWG | 153 | 8,90 | 0,91 | 113 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,01 | 11,62 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,83 | 0,91 | 9,7 |
| BARRA-A1 | 138 | 15,83 | 15,83 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,20 | 0,46 | 385 |
| S/E CONDICION. | 14 | 22,96 | 21,97 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,85 | 0,91 | 8 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 47 - Modo Operacional 3 - 6 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 3 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,98 | 0,91 | 8,6 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,93 | 26,64 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,91 | 0,91 | 8,6 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,52 | 19,67 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,27 | 0,91 | 7,8 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 25,05 | 23,93 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,46 | 0,91 | 8,0 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,34 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,61 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,76 | 24,60 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,88 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,58 | 21,62 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,31 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,96 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,33 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,61 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,54 | 21,58 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,41 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,43 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,68 | 0,91 | 10,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,71 | 24,56 | 0.239 | No | SWG | 153 | 7,09 | 0,91 | 8,8 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,96 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA A2 | 138 | 20,62 | 20,62 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA A3 | 138 | 20,60 | 20,60 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,51 | 23,42 | 0.326 | Yes | SWG | 153 | 6,60 | 0,91 | 8 |
| BARRA B2 | 138 | 20,61 | 20,61 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA B3 | 138 | 20,59 | 20,59 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,99 | 30,44 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,68 | 0,91 | 10,7 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,78 | 22,78 | 0.243 | No | SWG | 153 | 9,01 | 0,91 | 116 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,10 | 11,71 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,94 | 0,91 | 9,8 |
| BARRA-A1 | 138 | 17,25 | 17,25 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,57 | 0,46 | 419 |
| S/E CONDICION. | 14 | 23,21 | 22,20 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,98 | 0,91 | 9 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 48 - Modo Operacional 4 - 0 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 4 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,03 | 23,92 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,74 | 0,91 | 8,3 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,48 | 26,21 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,69 | 0,91 | 8,3 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,06 | 19,24 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,02 | 0,91 | 7,5 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,67 | 23,58 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,28 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,99 | 23,88 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,36 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,16 | 24,04 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,59 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,21 | 21,27 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,11 | 0,91 | 7,6 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,68 | 0,91 | 8,3 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,98 | 23,87 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,36 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,14 | 21,20 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,20 | 0,91 | 7,7 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,61 | 30,09 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,50 | 0,91 | 10,5 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,24 | 24,11 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,85 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,68 | 0,91 | 8,3 |
| BARRA AF2 | 14 | 24,02 | 22,97 | 0.326 | No | SWG | 153 | 8,28 | 0,91 | 10 |
| BARRA B2 | 138 | 15,71 | 15,71 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA B3 | 138,00 | 15,70 | 15,70 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA I AF1 | 14 | 31,62 | 30,09 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,50 | 0,91 | 10 |
| BARRA LTQ 1 | 35 | 21,92 | 21,92 | 0.243 | No | SWG | 153 | 8,76 | 0,91 | 110 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,90 | 11,51 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,69 | 0,91 | 9,5 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 14,33 | 14,33 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 7,81 | 0,46 | 349 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 14,33 | 14,33 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 7,81 | 0,46 | 348,6 |
| S/E CONDICION. | 14 | 22,65 | 21,68 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,68 | 0,91 | 8 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 49 - Modo Operacional 4 - 3 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 4 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,29 | 24,16 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,87 | 0,91 | 8,5 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,73 | 26,45 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,82 | 0,91 | 8,4 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,31 | 19,48 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,16 | 0,91 | 7,6 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,88 | 23,78 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,38 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,51 | 0,91 | 8,1 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,49 | 24,35 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,76 | 0,91 | 8,4 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,42 | 21,46 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,23 | 0,91 | 7,7 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,84 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,51 | 0,91 | 8,1 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,36 | 21,41 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,32 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,81 | 30,28 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,60 | 0,91 | 10,6 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,99 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,84 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA AF2 | 14 | 24,29 | 23,22 | 0.326 | No | SWG | 153 | 8,48 | 0,91 | 10 |
| BARRA B2 | 138 | 18,13 | 18,13 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 441 |
| BARRA B3 | 138,00 | 18,12 | 18,12 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 441 |
| BARRA I AF1 | 14 | 31,82 | 30,28 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,61 | 0,91 | 11 |
| BARRA LTQ 1 | 35 | 22,39 | 22,39 | 0.243 | No | SWG | 153 | 8,90 | 0,91 | 113 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,01 | 11,62 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,83 | 0,91 | 9,7 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 15,82 | 15,82 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,20 | 0,46 | 385 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 15,82 | 15,82 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,20 | 0,46 | 384,8 |
| S/E CONDICION. | 14 | 22,96 | 21,97 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,85 | 0,91 | 8 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 50 - Modo Operacional 4 - 6 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 4 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,98 | 0,91 | 8,6 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,93 | 26,64 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,91 | 0,91 | 8,6 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,52 | 19,67 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,27 | 0,91 | 7,8 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 25,05 | 23,93 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,46 | 0,91 | 8,0 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,34 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,61 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,76 | 24,60 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,88 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,58 | 21,62 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,31 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,96 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,34 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,61 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,54 | 21,58 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,41 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,43 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,68 | 0,91 | 10,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,71 | 24,56 | 0.239 | No | SWG | 153 | 7,09 | 0,91 | 8,8 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,96 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA AF2 | 14 | 24,51 | 23,43 | 0.326 | No | SWG | 153 | 8,63 | 0,91 | 11 |
| BARRA B2 | 138 | 20,62 | 20,62 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,37 | 0,46 | 501 |
| BARRA B3 | 138,00 | 20,61 | 20,61 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA I AF1 | 14 | 31,98 | 30,44 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,68 | 0,91 | 11 |
| BARRA LTQ 1 | 35 | 22,78 | 22,78 | 0.243 | No | SWG | 153 | 9,01 | 0,91 | 116 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,10 | 11,71 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,94 | 0,91 | 9,8 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 17,25 | 17,25 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,56 | 0,46 | 419 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 17,25 | 17,25 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,57 | 0,46 | 419,4 |
| S/E CONDICION. | 14 | 23,21 | 22,21 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,98 | 0,91 | 9 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 51 - Modo Operacional 5 - 0 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 5 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,03 | 23,92 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,74 | 0,91 | 8,3 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,48 | 26,21 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,69 | 0,91 | 8,3 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,06 | 19,24 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,02 | 0,91 | 7,5 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,67 | 23,58 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,28 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,99 | 23,88 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,36 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,16 | 24,04 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,59 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,21 | 21,27 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,11 | 0,91 | 7,6 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,68 | 0,91 | 8,3 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,98 | 23,87 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,36 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,14 | 21,20 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,20 | 0,91 | 7,7 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,61 | 30,09 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,50 | 0,91 | 10,5 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,24 | 24,11 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,85 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,68 | 0,91 | 8,3 |
| BARRA A2 | 138 | 15,71 | 15,71 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA A3 | 138 | 15,70 | 15,70 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.326 | No | SWG | 153 | 8,28 | 0,91 | 10 |
| BARRA I AF1 | 14 | 31,62 | 30,09 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,50 | 0,91 | 10 |
| BARRA LTQ 1 | 35 | 21,92 | 21,92 | 0.243 | No | SWG | 153 | 8,76 | 0,91 | 110 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,90 | 11,51 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,69 | 0,91 | 9,5 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 14,33 | 14,33 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 7,81 | 0,46 | 349 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 14,33 | 14,33 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 7,81 | 0,46 | 348,6 |
| S/E CONDICION. | 14 | 22,65 | 21,68 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,68 | 0,91 | 8 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 52 - Modo Operacional 5 - 3 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 5 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,29 | 24,16 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,87 | 0,91 | 8,5 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,73 | 26,45 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,82 | 0,91 | 8,4 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,31 | 19,48 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,16 | 0,91 | 7,6 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,88 | 23,78 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,38 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,51 | 0,91 | 8,1 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,49 | 24,35 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,76 | 0,91 | 8,4 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,42 | 21,46 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,23 | 0,91 | 7,7 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,84 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,51 | 0,91 | 8,1 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,36 | 21,41 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,32 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,81 | 30,28 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,60 | 0,91 | 10,6 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,99 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,84 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA A2 | 138 | 18,13 | 18,13 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 441 |
| BARRA A3 | 138 | 18,12 | 18,12 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 441 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,29 | 23,22 | 0.326 | No | SWG | 153 | 8,48 | 0,91 | 10 |
| BARRA I AF1 | 14 | 31,82 | 30,28 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,61 | 0,91 | 11 |
| BARRA LTQ 1 | 35 | 22,39 | 22,39 | 0.243 | No | SWG | 153 | 8,90 | 0,91 | 113 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,01 | 11,62 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,83 | 0,91 | 9,7 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 15,82 | 15,82 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,20 | 0,46 | 385 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 15,82 | 15,82 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,20 | 0,46 | 384,8 |
| S/E CONDICION. | 14 | 22,96 | 21,97 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,85 | 0,91 | 8 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 53 - Modo Operacional 5 - 6 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 5 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,98 | 0,91 | 8,6 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,93 | 26,64 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,91 | 0,91 | 8,6 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,52 | 19,67 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,27 | 0,91 | 7,8 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 25,05 | 23,93 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,46 | 0,91 | 8,0 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,34 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,61 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,76 | 24,60 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,88 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,58 | 21,62 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,31 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,96 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,34 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,61 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,54 | 21,58 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,41 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,43 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,68 | 0,91 | 10,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,71 | 24,56 | 0.239 | No | SWG | 153 | 7,09 | 0,91 | 8,8 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,96 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA A2 | 138 | 20,62 | 20,62 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,37 | 0,46 | 501 |
| BARRA A3 | 138 | 20,61 | 20,61 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,51 | 23,43 | 0.326 | No | SWG | 153 | 8,63 | 0,91 | 11 |
| BARRA I AF1 | 14 | 31,98 | 30,44 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,68 | 0,91 | 11 |
| BARRA LTQ 1 | 35 | 22,78 | 22,78 | 0.243 | No | SWG | 153 | 9,01 | 0,91 | 116 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,10 | 11,71 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,94 | 0,91 | 9,8 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 17,25 | 17,25 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,56 | 0,46 | 419 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 17,25 | 17,25 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,57 | 0,46 | 419,4 |
| S/E CONDICION. | 14 | 23,21 | 22,21 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,98 | 0,91 | 9 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 54 - Modo Operacional 6 - 0 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 6 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 22,96 | 21,97 | 0.237 | No | SWG | 153 | 5,05 | 0,91 | 6,3 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 24,32 | 23,25 | 0.232 | No | SWG | 153 | 4,69 | 0,91 | 5,9 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 18,07 | 17,37 | 0.252 | No | SWG | 153 | 4,30 | 0,91 | 5,4 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 22,05 | 21,12 | 0.238 | No | SWG | 153 | 4,48 | 0,91 | 5,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 22,83 | 21,85 | 0.239 | Yes | SWG | 153 | 3,60 | 0,91 | 4,5 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 22,61 | 21,64 | 0.239 | No | SWG | 153 | 4,68 | 0,91 | 5,8 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 19,66 | 18,86 | 0.244 | No | SWG | 153 | 4,27 | 0,91 | 5,3 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 21,99 | 21,05 | 0.241 | No | SWG | 153 | 4,76 | 0,91 | 6,0 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 22,83 | 21,85 | 0.239 | Yes | SWG | 153 | 3,60 | 0,91 | 4,5 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 19,39 | 18,60 | 0.244 | No | SWG | 153 | 4,23 | 0,91 | 5,3 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 28,95 | 27,60 | 0.226 | No | SWG | 153 | 6,50 | 0,91 | 8,1 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 23,13 | 22,13 | 0.239 | No | SWG | 153 | 5,11 | 0,91 | 6,4 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 21,99 | 21,06 | 0.241 | No | SWG | 153 | 4,76 | 0,91 | 6,0 |
| BARRA A2 | 138 | 9,22 | 9,22 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,26 | 0,46 | 224 |
| BARRA AF2 | 14 | 21,90 | 20,97 | 0.326 | No | SWG | 153 | 5,83 | 0,91 | 7 |
| BARRA B2 | 138,00 | 7,36 | 7,36 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 5,60 | 0,46 | 179 |
| BARRA B3 | 138 | 7,36 | 7,36 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 5,59 | 0,46 | 179 |
| BARRA I AF1 | 14 | 28,96 | 27,60 | 0.226 | No | SWG | 153 | 6,50 | 0,91 | 8 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 18,54 | 18,54 | 0.243 | No | SWG | 153 | 7,06 | 0,91 | 71,3 |
| BARRA RUG | 13,80 | 10,96 | 10,62 | 0.501 | No | SWG | 153 | 5,61 | 0,91 | 7 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 9,31 | 9,31 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,29 | 0,46 | 226,4 |
| BARRA-B1 | 138 | 6,20 | 6,20 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 5,14 | 0,46 | 151 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 20,28 | 19,45 | 0.245 | No | SWG | 153 | 4,65 | 0,91 | 5,82 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 55 - Modo Operacional 6 - 3 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 6 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 24,20 | 23,14 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,11 | 0,91 | 7,6 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 25,69 | 24,53 | 0.232 | No | SWG | 153 | 5,70 | 0,91 | 7,1 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 19,21 | 18,44 | 0.252 | No | SWG | 153 | 5,36 | 0,91 | 6,7 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 23,22 | 22,22 | 0.238 | No | SWG | 153 | 5,41 | 0,91 | 6,7 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,11 | 23,05 | 0.239 | Yes | SWG | 153 | 4,38 | 0,91 | 5,5 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 24,06 | 23,01 | 0.239 | No | SWG | 153 | 5,82 | 0,91 | 7,2 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 20,77 | 19,91 | 0.244 | No | SWG | 153 | 5,22 | 0,91 | 6,5 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 23,33 | 22,32 | 0.241 | No | SWG | 153 | 5,92 | 0,91 | 7,4 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,11 | 23,05 | 0.239 | Yes | SWG | 153 | 4,38 | 0,91 | 5,5 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 20,55 | 19,71 | 0.244 | No | SWG | 153 | 5,23 | 0,91 | 6,5 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 30,23 | 28,79 | 0.226 | No | SWG | 153 | 7,62 | 0,91 | 9,4 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 24,39 | 23,31 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,20 | 0,91 | 7,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 23,34 | 22,32 | 0.241 | No | SWG | 153 | 5,92 | 0,91 | 7,4 |
| BARRA A2 | 138 | 9,22 | 9,22 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,26 | 0,46 | 224 |
| BARRA AF2 | 14 | 23,15 | 22,15 | 0.326 | No | SWG | 153 | 7,34 | 0,91 | 9 |
| BARRA B2 | 138,00 | 10,06 | 10,06 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,54 | 0,46 | 245 |
| BARRA B3 | 138 | 10,06 | 10,06 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,54 | 0,46 | 245 |
| BARRA I AF1 | 14 | 30,24 | 28,80 | 0.226 | No | SWG | 153 | 7,62 | 0,91 | 9 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 20,28 | 20,28 | 0.243 | No | SWG | 153 | 8,08 | 0,91 | 93,3 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,53 | 11,16 | 0.501 | No | SWG | 153 | 6,98 | 0,91 | 9 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 9,31 | 9,31 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,29 | 0,46 | 226,4 |
| BARRA-B1 | 138 | 7,93 | 7,93 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 5,81 | 0,46 | 193 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 21,62 | 20,71 | 0.245 | No | SWG | 153 | 5,87 | 0,91 | 7,30 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 56 - Modo Operacional 6 - 6 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 6 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 24,81 | 23,71 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,53 | 0,91 | 8,1 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 26,38 | 25,18 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,14 | 0,91 | 7,6 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 19,79 | 18,99 | 0.252 | No | SWG | 153 | 5,79 | 0,91 | 7,2 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 23,79 | 22,75 | 0.238 | No | SWG | 153 | 5,80 | 0,91 | 7,2 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,74 | 23,64 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,15 | 0,91 | 7,6 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 24,81 | 23,71 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,32 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 21,33 | 20,44 | 0.244 | No | SWG | 153 | 5,62 | 0,91 | 7,0 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,42 | 0,91 | 8,0 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,74 | 23,64 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,15 | 0,91 | 7,6 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 21,15 | 20,27 | 0.244 | No | SWG | 153 | 5,66 | 0,91 | 7,0 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 30,81 | 29,33 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,03 | 0,91 | 9,9 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,00 | 23,89 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,64 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,42 | 0,91 | 8,0 |
| BARRA A2 | 138 | 9,22 | 9,22 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,26 | 0,46 | 224 |
| BARRA AF2 | 14 | 23,77 | 22,73 | 0.326 | No | SWG | 153 | 7,96 | 0,91 | 10 |
| BARRA B2 | 138,00 | 12,69 | 12,69 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 7,35 | 0,46 | 309 |
| BARRA B3 | 138 | 12,69 | 12,69 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 7,35 | 0,46 | 309 |
| BARRA I AF1 | 14 | 30,81 | 29,34 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,03 | 0,91 | 10 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 21,29 | 21,29 | 0.243 | No | SWG | 153 | 8,51 | 0,91 | 103,5 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,80 | 11,42 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,47 | 0,91 | 9 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 9,31 | 9,31 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,29 | 0,46 | 226,4 |
| BARRA-B1 | 138 | 9,43 | 9,43 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,33 | 0,46 | 229 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,32 | 21,37 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,40 | 0,91 | 7,93 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 57 - Modo Operacional 7 - 0 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 7 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 22,96 | 21,97 | 0.237 | No | SWG | 153 | 5,05 | 0,91 | 6,3 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 24,32 | 23,25 | 0.232 | No | SWG | 153 | 4,69 | 0,91 | 5,9 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 18,07 | 17,37 | 0.252 | No | SWG | 153 | 4,30 | 0,91 | 5,4 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 22,05 | 21,12 | 0.238 | No | SWG | 153 | 4,48 | 0,91 | 5,6 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 22,83 | 21,85 | 0.239 | Yes | SWG | 153 | 3,60 | 0,91 | 4,5 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 22,61 | 21,64 | 0.239 | No | SWG | 153 | 4,68 | 0,91 | 5,8 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 19,66 | 18,86 | 0.244 | No | SWG | 153 | 4,27 | 0,91 | 5,3 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 21,98 | 21,05 | 0.241 | No | SWG | 153 | 4,76 | 0,91 | 6,0 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 22,83 | 21,85 | 0.239 | Yes | SWG | 153 | 3,60 | 0,91 | 4,5 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 19,39 | 18,60 | 0.244 | No | SWG | 153 | 4,23 | 0,91 | 5,3 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 28,95 | 27,60 | 0.226 | No | SWG | 153 | 6,50 | 0,91 | 8,1 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 23,13 | 22,13 | 0.239 | No | SWG | 153 | 5,11 | 0,91 | 6,4 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 21,99 | 21,05 | 0.241 | No | SWG | 153 | 4,76 | 0,91 | 6,0 |
| BARRA A2 | 138 | 9,22 | 9,22 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,26 | 0,46 | 224 |
| BARRA A3 | 138 | 7,36 | 7,36 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 5,59 | 0,46 | 179 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 21,90 | 20,97 | 0.326 | No | SWG | 153 | 5,83 | 0,91 | 7 |
| BARRA B2 | 138 | 7,36 | 7,36 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 5,60 | 0,46 | 179 |
| BARRA I AF1 | 14 | 28,96 | 27,60 | 0.226 | No | SWG | 153 | 6,50 | 0,91 | 8 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 18,54 | 18,54 | 0.243 | No | SWG | 153 | 7,06 | 0,91 | 71,3 |
| BARRA RUG | 13,80 | 10,96 | 10,62 | 0.501 | No | SWG | 153 | 5,61 | 0,91 | 7 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 9,31 | 9,31 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,29 | 0,46 | 226,4 |
| BARRA-B1 | 138 | 6,20 | 6,20 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 5,14 | 0,46 | 151 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 20,28 | 19,45 | 0.245 | Yes | SWG | 153 | 3,56 | 0,91 | 4,49 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 58 - Modo Operacional 7 - 3 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 7 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 24,20 | 23,14 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,11 | 0,91 | 7,6 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 25,69 | 24,53 | 0.232 | No | SWG | 153 | 5,70 | 0,91 | 7,1 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 19,21 | 18,44 | 0.252 | No | SWG | 153 | 5,36 | 0,91 | 6,7 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 23,22 | 22,21 | 0.238 | No | SWG | 153 | 5,41 | 0,91 | 6,7 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,11 | 23,05 | 0.239 | Yes | SWG | 153 | 4,38 | 0,91 | 5,5 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 24,06 | 23,01 | 0.239 | No | SWG | 153 | 5,82 | 0,91 | 7,2 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 20,77 | 19,91 | 0.244 | No | SWG | 153 | 5,22 | 0,91 | 6,5 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 23,33 | 22,32 | 0.241 | No | SWG | 153 | 5,92 | 0,91 | 7,4 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,11 | 23,05 | 0.239 | Yes | SWG | 153 | 4,38 | 0,91 | 5,5 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 20,55 | 19,71 | 0.244 | No | SWG | 153 | 5,23 | 0,91 | 6,5 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 30,23 | 28,79 | 0.226 | No | SWG | 153 | 7,62 | 0,91 | 9,4 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 24,39 | 23,31 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,20 | 0,91 | 7,7 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 23,34 | 22,32 | 0.241 | No | SWG | 153 | 5,92 | 0,91 | 7,4 |
| BARRA A2 | 138 | 9,22 | 9,22 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,26 | 0,46 | 224 |
| BARRA A3 | 138 | 10,05 | 10,05 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,54 | 0,46 | 244 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 23,15 | 22,15 | 0.326 | No | SWG | 153 | 7,34 | 0,91 | 9 |
| BARRA B2 | 138 | 10,06 | 10,06 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,54 | 0,46 | 245 |
| BARRA I AF1 | 14 | 30,24 | 28,80 | 0.226 | No | SWG | 153 | 7,62 | 0,91 | 9 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 20,28 | 20,28 | 0.243 | No | SWG | 153 | 8,08 | 0,91 | 93,3 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,53 | 11,16 | 0.501 | No | SWG | 153 | 6,98 | 0,91 | 9 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 9,31 | 9,31 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,29 | 0,46 | 226,4 |
| BARRA-B1 | 138 | 7,93 | 7,93 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 5,81 | 0,46 | 193 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 21,62 | 20,71 | 0.245 | No | SWG | 153 | 5,87 | 0,91 | 7,30 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 59 - Modo Operacional 7 - 6 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 7 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 24,81 | 23,71 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,53 | 0,91 | 8,1 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 26,38 | 25,18 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,14 | 0,91 | 7,6 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 19,79 | 18,99 | 0.252 | No | SWG | 153 | 5,79 | 0,91 | 7,2 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 23,79 | 22,75 | 0.238 | No | SWG | 153 | 5,80 | 0,91 | 7,2 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,74 | 23,64 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,15 | 0,91 | 7,6 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 24,81 | 23,71 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,32 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 21,33 | 20,44 | 0.244 | No | SWG | 153 | 5,62 | 0,91 | 7,0 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,42 | 0,91 | 8,0 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,74 | 23,64 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,15 | 0,91 | 7,6 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 21,15 | 20,27 | 0.244 | No | SWG | 153 | 5,66 | 0,91 | 7,0 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 30,81 | 29,33 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,03 | 0,91 | 9,9 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,00 | 23,89 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,64 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,42 | 0,91 | 8,0 |
| BARRA A2 | 138 | 9,22 | 9,22 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,26 | 0,46 | 224 |
| BARRA A3 | 138 | 12,69 | 12,69 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 7,35 | 0,46 | 309 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 23,77 | 22,73 | 0.326 | No | SWG | 153 | 7,96 | 0,91 | 10 |
| BARRA B2 | 138 | 12,69 | 12,69 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 7,35 | 0,46 | 309 |
| BARRA I AF1 | 14 | 30,81 | 29,34 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,03 | 0,91 | 10 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 21,29 | 21,29 | 0.243 | No | SWG | 153 | 8,51 | 0,91 | 103,5 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,80 | 11,42 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,47 | 0,91 | 9 |
| BARRA-A1 | 138,00 | 9,31 | 9,31 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,29 | 0,46 | 226,4 |
| BARRA-B1 | 138 | 9,43 | 9,43 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 6,33 | 0,46 | 229 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,32 | 21,37 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,40 | 0,91 | 7,93 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 60 - Modo Operacional 8 - 0 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 8 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,03 | 23,92 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,74 | 0,91 | 8,3 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,48 | 26,21 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,69 | 0,91 | 8,3 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,06 | 19,24 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,02 | 0,91 | 7,5 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,67 | 23,58 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,28 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,99 | 23,88 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,36 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,16 | 24,04 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,59 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,21 | 21,27 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,11 | 0,91 | 7,6 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,68 | 0,91 | 8,3 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,98 | 23,87 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,36 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,14 | 21,20 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,20 | 0,91 | 7,7 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,61 | 30,09 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,50 | 0,91 | 10,5 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,24 | 24,11 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,85 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,68 | 0,91 | 8,3 |
| BARRA A2 | 138 | 15,70 | 15,70 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA A3 | 138 | 15,69 | 15,69 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.326 | No | SWG | 153 | 8,28 | 0,91 | 10 |
| BARRA B2 | 138 | 15,70 | 15,70 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA B3 | 138 | 15,69 | 15,69 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,62 | 30,09 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,50 | 0,91 | 10,5 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 21,92 | 21,92 | 0.243 | No | SWG | 153 | 8,76 | 0,91 | 110 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,89 | 11,51 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,69 | 0,91 | 9,5 |
| BARRA-A1 | 138 | 14,33 | 14,33 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 7,81 | 0,46 | 349 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 14,33 | 14,33 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 7,81 | 0,46 | 348,52 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,65 | 21,68 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,68 | 0,91 | 8,27 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 61 - Modo Operacional 8 - 3 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 8 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,29 | 24,16 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,87 | 0,91 | 8,5 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,73 | 26,45 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,82 | 0,91 | 8,4 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,31 | 19,48 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,16 | 0,91 | 7,6 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,88 | 23,78 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,38 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,51 | 0,91 | 8,1 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,49 | 24,35 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,76 | 0,91 | 8,4 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,42 | 21,46 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,22 | 0,91 | 7,7 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,84 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,50 | 0,91 | 8,1 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,36 | 21,41 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,32 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,81 | 30,28 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,60 | 0,91 | 10,6 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,99 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,84 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA A2 | 138 | 18,13 | 18,13 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 441 |
| BARRA A3 | 138 | 18,12 | 18,12 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 441 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,29 | 23,22 | 0.326 | No | SWG | 153 | 8,48 | 0,91 | 10 |
| BARRA B2 | 138 | 18,12 | 18,12 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 441 |
| BARRA B3 | 138 | 18,11 | 18,11 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 440 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,82 | 30,28 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,61 | 0,91 | 10,6 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,39 | 22,39 | 0.243 | No | SWG | 153 | 8,90 | 0,91 | 113 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,01 | 11,62 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,83 | 0,91 | 9,7 |
| BARRA-A1 | 138 | 15,83 | 15,83 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,20 | 0,46 | 385 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 15,82 | 15,82 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,20 | 0,46 | 384,78 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,96 | 21,97 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,85 | 0,91 | 8,48 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 62 - Modo Operacional 8 - 6 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 8 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,98 | 0,91 | 8,6 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,93 | 26,64 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,91 | 0,91 | 8,6 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,52 | 19,67 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,27 | 0,91 | 7,8 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 25,05 | 23,93 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,46 | 0,91 | 8,0 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,34 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,61 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,76 | 24,60 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,88 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,58 | 21,62 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,31 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,96 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,33 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,61 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,54 | 21,58 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,41 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,43 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,68 | 0,91 | 10,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,71 | 24,56 | 0.239 | No | SWG | 153 | 7,09 | 0,91 | 8,8 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.241 | No | SWG | 153 | 6,96 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA A2 | 138 | 20,62 | 20,62 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA A3 | 138 | 20,60 | 20,60 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,51 | 23,42 | 0.326 | No | SWG | 153 | 8,63 | 0,91 | 11 |
| BARRA B2 | 138 | 20,61 | 20,61 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA B3 | 138 | 20,59 | 20,59 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,44 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,68 | 0,91 | 10,7 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,78 | 22,78 | 0.243 | No | SWG | 153 | 9,01 | 0,91 | 116 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,10 | 11,71 | 0.501 | Yes | SWG | 153 | 6,08 | 0,91 | 7,5 |
| BARRA-A1 | 138 | 17,25 | 17,25 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,57 | 0,46 | 419 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 17,24 | 17,24 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,56 | 0,46 | 419,33 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 23,21 | 22,20 | 0.245 | No | SWG | 153 | 6,98 | 0,91 | 8,64 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 63 - Modo Operacional 9 - 0 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 9 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,03 | 23,92 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,74 | 0,91 | 8,3 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,48 | 26,21 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,69 | 0,91 | 8,3 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,06 | 19,24 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,02 | 0,91 | 7,5 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,67 | 23,58 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,28 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 24,99 | 23,88 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,36 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,16 | 24,04 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,59 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,21 | 21,27 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,11 | 0,91 | 7,6 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.24 | No | SWG | 153 | 6,65 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 24,98 | 23,87 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,36 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,14 | 21,20 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,20 | 0,91 | 7,7 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,61 | 30,09 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,50 | 0,91 | 10,5 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,24 | 24,11 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,85 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,33 | 23,26 | 0.24 | No | SWG | 153 | 6,65 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA A2 | 138 | 15,70 | 15,70 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA A3 | 138 | 15,69 | 15,69 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,02 | 22,97 | 0.325 | No | SWG | 153 | 8,25 | 0,91 | 10 |
| BARRA B2 | 138 | 15,70 | 15,70 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA B3 | 138 | 15,69 | 15,69 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,17 | 0,46 | 382 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,62 | 30,09 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,50 | 0,91 | 10,5 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 21,92 | 21,92 | 0.244 | No | SWG | 153 | 8,77 | 0,91 | 110 |
| BARRA RUG | 13,80 | 11,89 | 11,51 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,69 | 0,91 | 9,5 |
| BARRA-A1 | 138 | 14,33 | 14,33 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 7,81 | 0,46 | 349 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 14,33 | 14,33 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 7,81 | 0,46 | 348,56 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,65 | 21,68 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,65 | 0,91 | 8,24 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 64 - Modo Operacional 9 - 3 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 9 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,29 | 24,16 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,87 | 0,91 | 8,5 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,73 | 26,45 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,82 | 0,91 | 8,4 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,31 | 19,48 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,16 | 0,91 | 7,6 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 24,88 | 23,78 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,38 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,51 | 0,91 | 8,1 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,49 | 24,35 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,76 | 0,91 | 8,4 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,42 | 21,46 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,23 | 0,91 | 7,7 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.24 | No | SWG | 153 | 6,82 | 0,91 | 8,4 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,26 | 24,13 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,50 | 0,91 | 8,1 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,36 | 21,41 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,32 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,81 | 30,28 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,60 | 0,91 | 10,6 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,99 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,63 | 23,54 | 0.24 | No | SWG | 153 | 6,82 | 0,91 | 8,4 |
| BARRA A2 | 138 | 18,13 | 18,13 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 441 |
| BARRA A3 | 138 | 18,12 | 18,12 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 441 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,29 | 23,22 | 0.325 | No | SWG | 153 | 8,46 | 0,91 | 10 |
| BARRA B2 | 138 | 18,12 | 18,12 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 441 |
| BARRA B3 | 138 | 18,11 | 18,11 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,78 | 0,46 | 440 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,82 | 30,28 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,61 | 0,91 | 10,6 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,39 | 22,39 | 0.244 | No | SWG | 153 | 8,92 | 0,91 | 114 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,01 | 11,62 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,83 | 0,91 | 9,7 |
| BARRA-A1 | 138 | 15,82 | 15,82 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,20 | 0,46 | 385 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 15,82 | 15,82 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,20 | 0,46 | 384,83 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 22,96 | 21,97 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,83 | 0,91 | 8,45 |

Fonte: produção própria do autor.

Tabela 65 - Modo Operacional 9 - 6 Geradores / Proteção Atual

| | MODO OPERACIONAL 9 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 GERADORES | | | | | | | | | |
| Bus Name | Bus kV | Prot Dev Bolted Fault (kA) | Prot Dev Arcing Fault (kA) | Trip/ Delay Time (sec.) | Ground | Equip Type | Gap (mm) | Arc Flash Boundary (m) | Working Distance (m) | Incident Energy (cal/cm2) |
| BAR COMUM FOX | 13,80 | 25,50 | 24,36 | 0.237 | No | SWG | 153 | 6,98 | 0,91 | 8,6 |
| BAR UTILIDADES | 13,80 | 27,93 | 26,64 | 0.232 | No | SWG | 153 | 6,91 | 0,91 | 8,6 |
| BAR1 S/E SINTE | 13,80 | 20,52 | 19,67 | 0.252 | No | SWG | 153 | 6,27 | 0,91 | 7,8 |
| BAR2 S/E SINTE | 13,80 | 25,05 | 23,93 | 0.238 | No | SWG | 153 | 6,46 | 0,91 | 8,0 |
| BARRA 1 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,34 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,61 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 1 ACIAR. | 13,80 | 25,76 | 24,60 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,88 | 0,91 | 8,5 |
| BARRA 1 FOX | 13,80 | 22,58 | 21,62 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,31 | 0,91 | 7,8 |
| BARRA 1 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.24 | No | SWG | 153 | 6,94 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA 2 - FOX3 | 13,80 | 25,48 | 24,33 | 0.239 | No | SWG | 153 | 6,61 | 0,91 | 8,2 |
| BARRA 2 ACIAR. | 13,80 | 22,54 | 21,58 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,41 | 0,91 | 7,9 |
| BARRA 2 AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,43 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,68 | 0,91 | 10,7 |
| BARRA 2 FOX | 13,80 | 25,71 | 24,56 | 0.239 | No | SWG | 153 | 7,09 | 0,91 | 8,8 |
| BARRA 2 LTQ 2 | 13,80 | 24,87 | 23,77 | 0.24 | No | SWG | 153 | 6,94 | 0,91 | 8,6 |
| BARRA A2 | 138 | 20,62 | 20,62 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA A3 | 138 | 20,60 | 20,60 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA AF2 | 13,80 | 24,51 | 23,42 | 0.325 | No | SWG | 153 | 8,60 | 0,91 | 11 |
| BARRA B2 | 138 | 20,61 | 20,61 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA B3 | 138 | 20,59 | 20,59 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 9,36 | 0,46 | 501 |
| BARRA I AF1 | 13,80 | 31,98 | 30,44 | 0.226 | No | SWG | 153 | 8,68 | 0,91 | 10,7 |
| BARRA LTQ 1 | 35,00 | 22,78 | 22,78 | 0.244 | No | SWG | 153 | 9,03 | 0,91 | 117 |
| BARRA RUG | 13,80 | 12,10 | 11,71 | 0.501 | No | SWG | 153 | 7,94 | 0,91 | 9,8 |
| BARRA-A1 | 138 | 17,25 | 17,25 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,56 | 0,46 | 419 |
| BARRA-B1 | 138,00 | 17,25 | 17,25 | 0.072 | Yes | AIR | 153 | 8,56 | 0,46 | 419,39 |
| S/E CONDICION. | 13,80 | 23,21 | 22,20 | 0.244 | No | SWG | 153 | 6,96 | 0,91 | 8,61 |

Fonte: produção própria do autor.