

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELÉTRICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**JOÃO RAFAEL FINCATO TORRES**

**COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE DA PROTEÇÃO DE UMA USINA  
SUCROALCOOLEIRA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2019**

JOÃO RAFAEL FINCATO TORRES

## **COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE DA PROTEÇÃO DE UMA USINA SUCROALCOOLEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Elétrica – DAELE – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Me. José Paulo de Barros Neto

PATO BRANCO

2019

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

O trabalho de Conclusão de Curso intitulado “**COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE DA PROTEÇÃO DE UMA USINA SUCROALCOOLEIRA**”, do aluno **JOÃO RAFAEL FINCATO TORRES** foi considerado **APROVADO** de acordo com a ata da banca examinadora N° **227** de 2019.

Fizeram parte da banca os professores:

**José Paulo de Barros Neto**

**César Augusto Portolann**

**Filomena Barbosa Rodrigues Mendes**

**A Ata de Defesa assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica**

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente, a minha família, especialmente aos meus pais que me apoiaram desde o começo. Também aos professores e amigos que passaram por esse importante período da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me capacitar e me dar a oportunidade de chegar até aqui.

À família e amigos que me apoiaram e incentivaram durante todo o período de graduação, estando sempre ao meu lado para me ouvir e aconselhar da melhor maneira possível.

A UTFPR-Pato Branco, formada por professores, servidores e alunos, lugar no qual vivi anos de muito aprendizado, evolução pessoal e acadêmica.

## EPÍGRAFE

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação.” (BEAUVOIR, Simone de).

## RESUMO

TORRES, João Rafael Fincato. Coordenação e Seletividade da Proteção de uma Usina Sucroalcooleira. 2019. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo a elaboração de um estudo de coordenação e seletividade do sistema elétrico de usina sucroalcooleira. Este consiste em definir os ajustes dos dispositivos de proteção. Este trabalho foi desenvolvido em duas etapas: inicialmente, o levantamento dos dados da planta estudada, envolvendo todos elementos do sistema de potência; já na segunda metade, é realizado um estudo de caso, com os níveis de curto-circuito utilizados como premissas. Desta maneira, foram apresentados os gráficos em função do tempo e da corrente que exibem os valores máximos de curto-circuito, além das curvas que definem os dados a serem implementados nos reles previamente definidos.

**Palavras-chave:** Sistemas Elétricos, Proteção, Coordenação, Seletividade, Curto-circuito, Relé.

## ABSTRACT

TORRES, João Rafael Fincato. Coordination and Selectivity of Protection from a Sugar and Ethanol Plant. 2019. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

This graduation conclusion work has as objective the elaboration of a study of coordination and selectivity of the electric system of a sugar and alcohol plant. This consists in defining the adjustments of the protection devices. This monography was developed in two stages: initially, the survey of data from the studied plant, involving all elements of the power system; already in the second half, a study case is performed, with the levels of short-circuit used as assumptions. Thus, the time and current graphs were presented that show short-circuits values, in addition to the curves that define the data to be implemented in the previously defined relays.

**Keywords:** Electrical Systems, Protection, Coordination, Selectivity, Short-circuit, Relay.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Fluxograma de uma usina sucroalcooleira.
- Figura 2 – Diagrama unifilar do sistema de potência da COPRODIA simplificado.
- Figura 3 – Diagrama funcional simplificado do relé Woodward MRA4.
- Figura 4 – Diagrama funcional simplificado do relé Siemens 7SR11.
- Figura 5 – Diagrama funcional simplificado do relé SEL-700G.
- Figura 6 – Print da tela do Supervisório no momento que a tensão chega a 14.565 V.
- Figura 7 – Ilustração da sequência positiva.
- Figura 8 – Ilustração da sequência negativa.
- Figura 9 – Ilustração da sequência zero.
- Figura 10 – Circuito equivalente por fase de um transformador.
- Figura 11 – Diagrama unifilar total a ser analisado.
- Figura 12 – Gráfico da simulação no alimentador do CCM-Caldeira 3.
- Figura 13 – Gráfico da simulação no alimentador do CCM-Caldeira 2.
- Figura 14 – Gráfico da simulação no alimentador do CCM-Caldeira 1.
- Figura 15 – Gráfico da simulação no alimentador do CCM-Bombas e Esteiras.
- Figura 16 – Gráfico da simulação no alimentador do CCM-Spray da Fermentação.
- Figura 17 – Gráfico da simulação no alimentador do CCM-Spray da Fábrica.
- Figura 18 – Gráfico da simulação no alimentador do CCM-Captação.
- Figura 19 – Gráfico da simulação no alimentador do CCM-Vinhaça.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA DA COPRODIA.....	13
3	ANÁLISE DE FALTAS .....	19
3.1	COMPONENTES SIMÉTRICAS .....	19
4	ESTUDO DE CASO.....	23
4.1	Rele de entrada.....	25
4.1.1	Pick-up de fase – 67 (Sentido de Geração de Energia).....	25
4.1.2	Pick-up de fase – 67 (Sentido de Consumo de Energia) .....	25
4.1.2	Instantâneo de fase – 67 .....	25
4.1.3	Pick-up de neutro – 67N.....	26
4.1.4	Instantâneo de neutro – 67N.....	26
4.2	ALIMENTADOR CALDEIRA 3.....	26
4.3	ALIMENTADOR CALDEIRA 2.....	28
4.4	ALIMENTADOR CALDEIRA 1.....	30
4.5	ALIMENTADOR BOMBAS E ESTEIRAS .....	31
4.6	ALIMENTADOR SPRAY DA FERMENTAÇÃO .....	32
4.7	ALIMENTADOR SPRAY DA FÁBRICA.....	33
4.8	ALIMENTADOR CAPTAÇÃO.....	34
4.9	ALIMENTADOR VINHAÇA.....	35
5	CONCLUSÃO .....	37
	REFERÊNCIAS.....	38
	APÊNDICE A.....	40
	APÊNDICE B.....	41

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, existem aproximadamente 411 usinas no setor sucroenergético produzindo álcool, açúcar, energia, além dos subprodutos que uma usina deste segmento pode gerar. Desse número, quase a metade se concentra no estado de São Paulo. O estado do Mato Grosso, atualmente, conta com 12 usinas (NOVACANA, 2018). No ano de 2015, o setor movimentou R\$ 113,27 bilhões, sendo considerado um dos maiores PIBs do agronegócio brasileiro. Esses valores fomentam variados segmentos, incluindo: insumos, produção agrícola, indústria, transporte e comércio (UNICA, 2015).

A usina, onde o estudo será realizado, leva o nome de COPRODIA – Cooperativa Agrícola de Produtores de Cana de Campo Novo do Parecis – está situada na BR 364, km 864 no município de Campo Novo do Parecis-MT. Possui hoje uma produção aproximada de 150 milhões de litros de etanol, entre anidro e hidratado, 1.400 milhões de sacas de 50kg de açúcar cristal, além da cogeração de energia elétrica com capacidade de venda de 2MWh (COPRODIA, 2015).

Toda a produção passa por um longo processo; iniciando, no campo, com o plantio da cana-de-açúcar e sua colheita, até chegar à indústria onde começa o procedimento de extração do caldo para que ele seja transformado nos produtos finais: álcool e açúcar. Para atingir o ponto desejado, a matéria prima passa pela moenda e segue para evaporação, se dividindo para o cozimento e a fermentação, produto destinado para produção de açúcar ou álcool, respectivamente. O fluxograma da Figura 1 expõe a linha de continuidade que a indústria realiza.

Além dos produtos principais, a atividade gera também subprodutos, são eles: o bagaço da cana, a vinhaça e a torta de filtro. O primeiro, sobra da moenda, após a extração do caldo é reutilizado na própria indústria como combustível para as caldeiras; também é vendido podendo servir como substrato para mudas ou alimento na dieta animal (SOUZA, 2015). Ao filtrar o caldo, o resíduo sólido que se obtém é conhecido como torta que pode ser reutilizado como adubo, pois é rico em fósforo (ASSFORAMA, 2017). Por último, a vinhaça que se dá após o processo de destilação; também utilizada no tratamento do solo (NOVACANA, 2018).

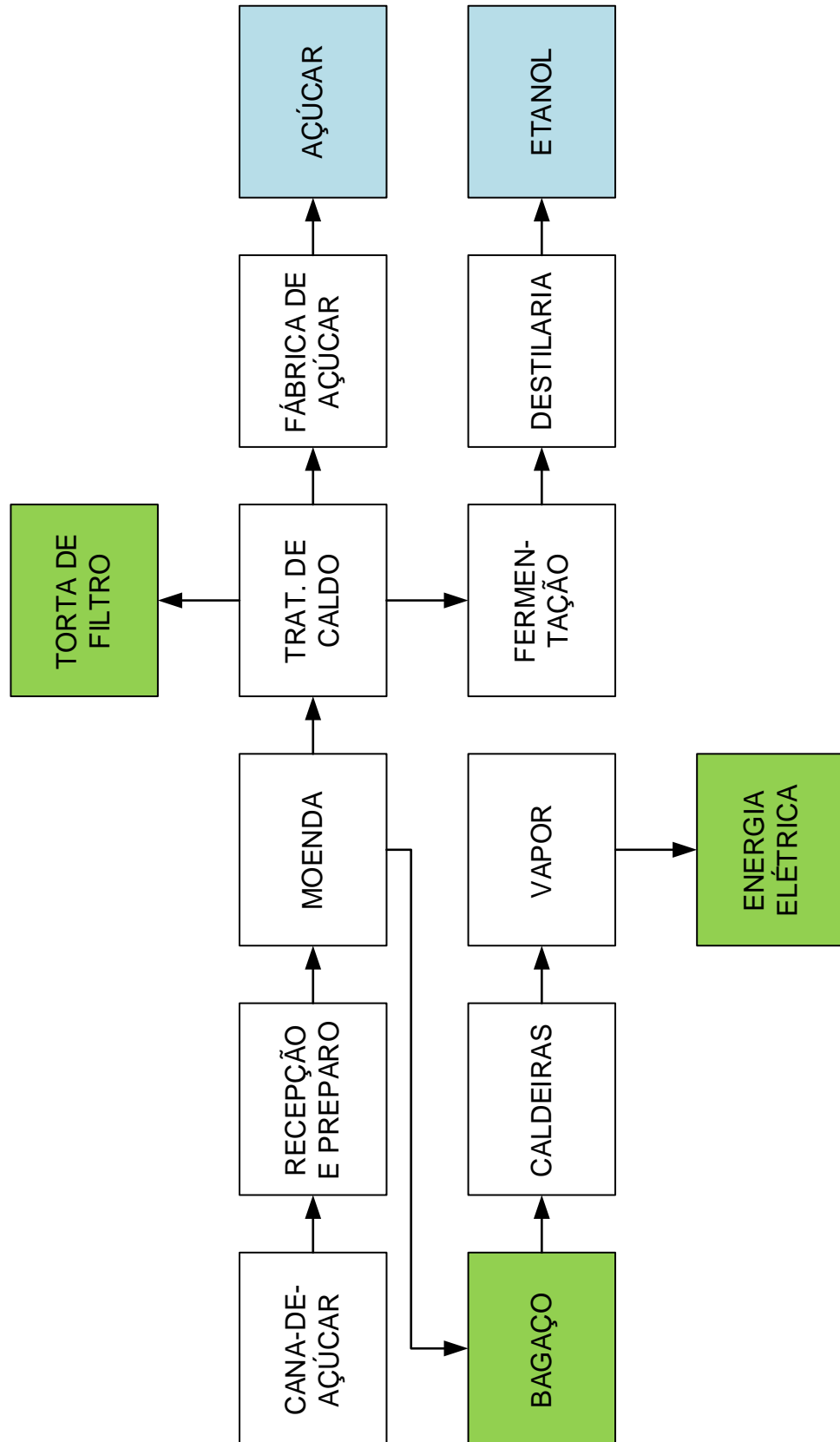


Figura 1 – Fluxograma de uma usina sucroalcooleira.  
Fonte: Autoria própria.

Após ressaltar a importância dos processos industriais, faz-se necessário apresentar o funcionamento do todo e a necessidade de proteger de maneira inteligente seu desempenho para que opere de forma coesa, reduzindo custos de paradas e manutenções, bem como danos aos equipamentos causados por surtos. Desta forma, o trabalho tem como objetivo analisar o sistema de proteção que está instalado na usina atualmente.

## 2 SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA DA COPRODIA

Para atender o consumo médio de 9,5MW que somam os setores que compõem a usina, existem 2 barramentos principais trabalhando separadamente: um em baixa tensão (440V) e outro em média (13,8kV). O primeiro e mais antigo conta com 4 geradores, dois de 2.500KVA e dois de 3.250KVA (G1, G2, G3, G4 de acordo com a Figura 2), que possuem apenas reguladores de velocidade e controle de divisão de carga feitos por um Woodward 2301-D. O sincronismo e o paralelismo são feitos de maneira manual por um operador. Na parte nova, foi instalada uma turbina a vapor da TGM modelo TM15000 de 6.000 RPM para até 12,5MW, controlada por um regulador de velocidade 505 da Woodward, juntamente com um gerador, G5 da Figura 2, de média tensão WEG com capacidade de 18MW, o qual opera com um Woodward DSLC-2 (*Digital Synchronizer and Load Control*) fazendo o sincronismo e o controle de carga. Para que esse conjunto trabalhe em paralelo com a concessionária de energia elétrica do estado do Mato Grosso – Energisa –, é utilizado um Woodward MSLC (*Master Synchronizer and Load Control*).

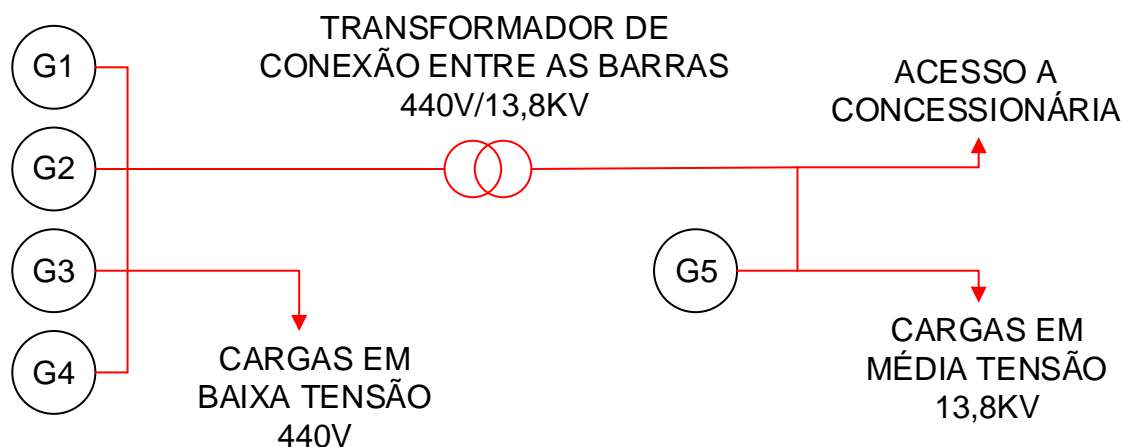


Figura 2 – Diagrama unifilar do sistema de potência da COPRODIA simplificado.

Fonte: A autoria própria.

No acesso a concessionária o dispositivo responsável pela proteção é o Woodward MRA4, que contém as seguintes proteções:

- 50/51 – Relé de sobrecorrente instantâneo e temporizado;
- 50N/51N – Relé de sobrecorrente de neutro instantâneo e temporizado;
- 81 – Relé de sub ou sobre frequência;
- 27 – Relé de subtensão;
- 59/59N – Relé de sobretensão;
- 32 – Relé direcional de potência;
- 25 – Relé de sincronismo;

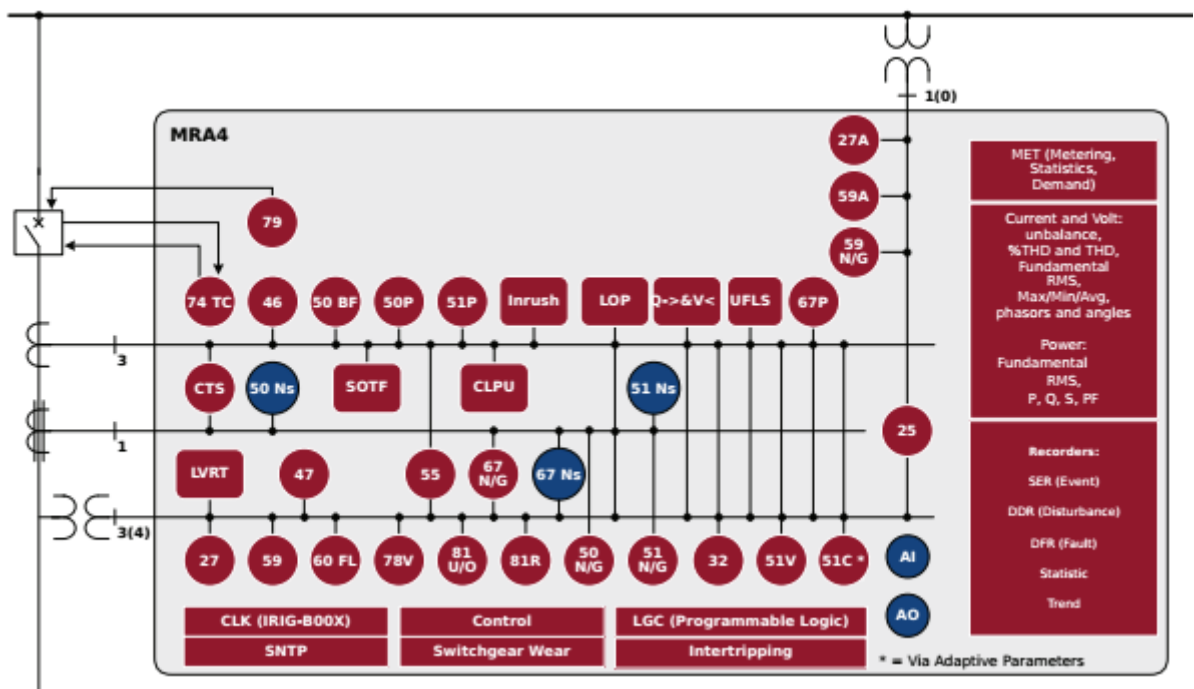


Figura 3 – Diagrama funcional simplificado do relé Woodward MRA4.

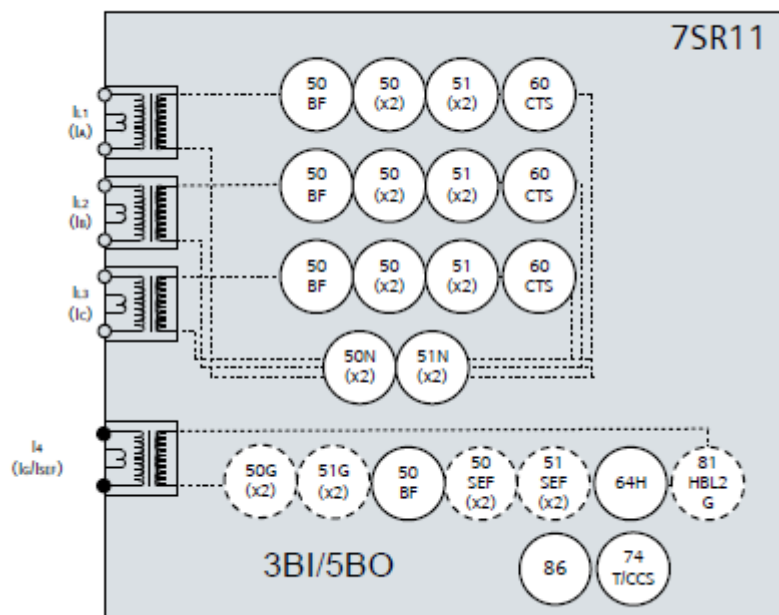
Fonte: (WOODWARD, 2019).

O barramento alimentado, em 13,8kV, por esse gerador é onde se encontram os cubículos de seccionamento e proteção de cada setor da cooperativa. Cada um destes é munido com um relé de proteção Siemens Reyrolle 7RS110.

Este possui as seguintes funções de acordo com a tabela ANSI (*American National Standard Institute*) (SIEMENS, 2015):

- 50 – Relé de sobrecorrente instantâneo;
- 50G – Relé de sobrecorrente instantâneo de terra;
- 50N – Relé de sobrecorrente instantâneo de neutro;
- 50BF – Falha de disjuntor;
- 51 – Relé de sobrecorrente temporizado;
- 51G – Relés de sobrecorrente temporizado de terra;
- 51N – Relé de sobrecorrente temporizado de neutro;
- 64H – Falta a terra restrita de alta impedância.

Estas proteções estão dispostas como mostra a Figura 3:



**Figura 4 – Diagrama funcional simplificado do relé Siemens 7SR11.**

**Fonte: (SIEMENS, 2015).**

Para proteção do gerador de número 5, é utilizado um relé específico para geradores, da *Schweitzer Engineering Laboratories*, o SEL-700G mostrado na Figura 5 que faz a proteção diferencial de corrente, o monitoramento do disjuntor, além de se comunicar com os dispositivos de controle que atuam sobre o gerador (SEL, 2014).



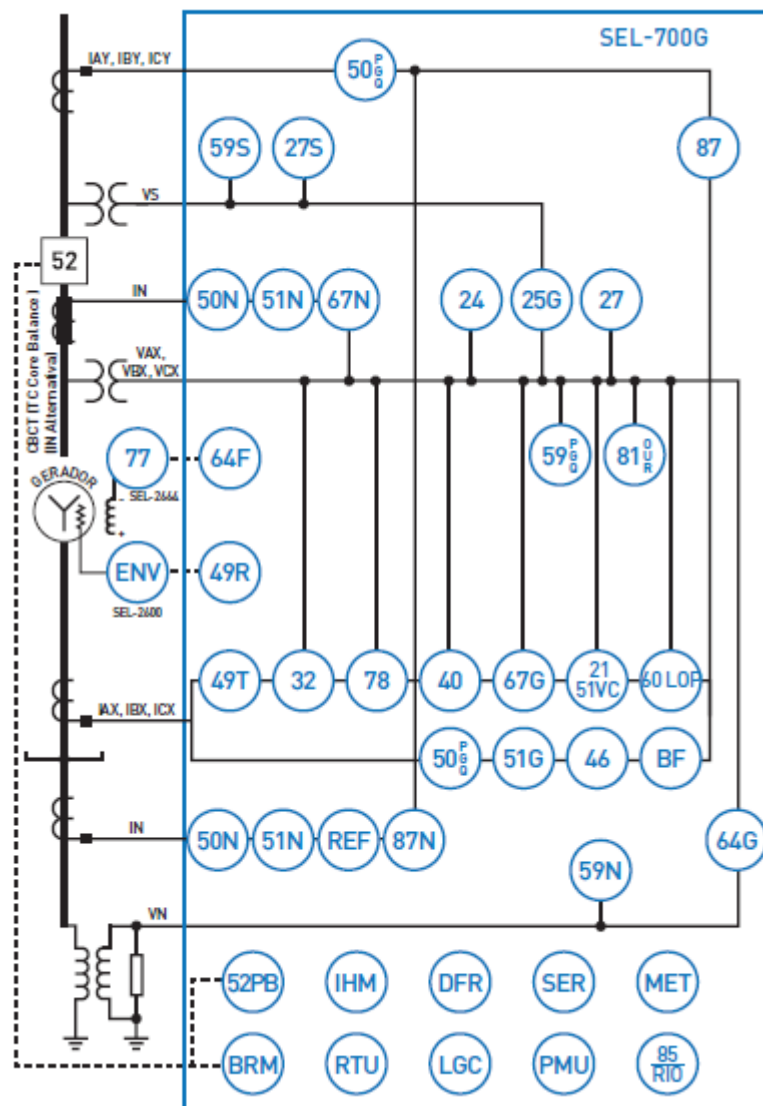


Figura 5 – Diagrama funcional simplificado do relé SEL-700G.

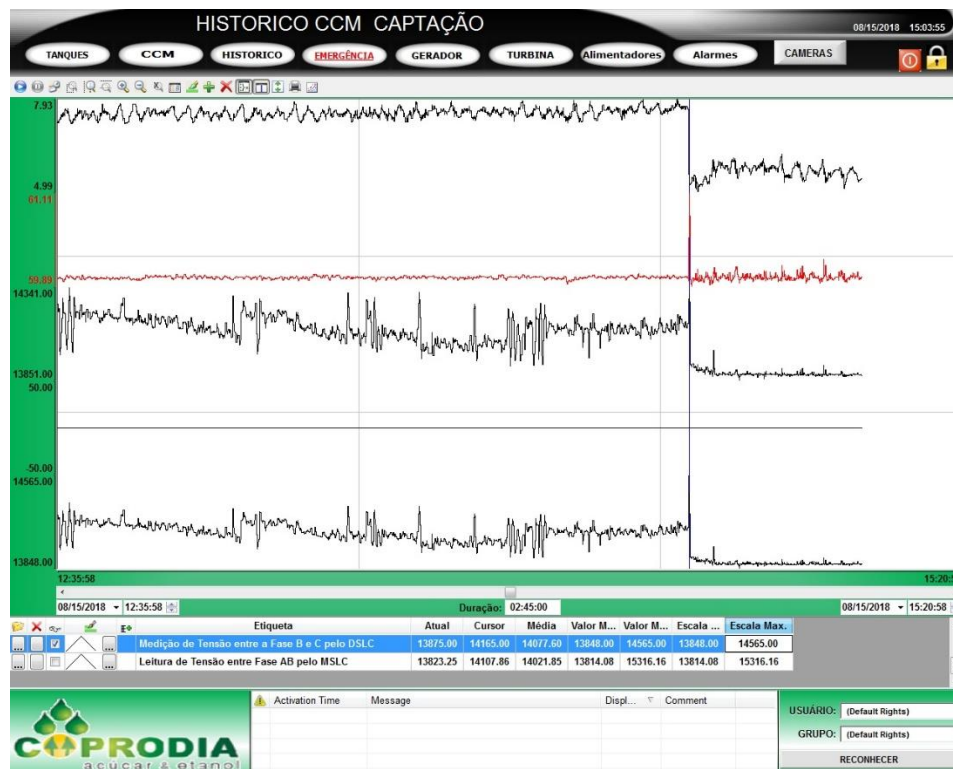
Fonte: (SEL, 2014).

No acesso à concessionária, é utilizado um transformador de 2,5MVA. Durante o período de colheita da cana-de-açúcar, em média de abril a novembro, a indústria entra em funcionamento e com as caldeiras em operação, as turbinas são utilizadas não só para manter o processo ativo, mas também para venda de energia. Nos outros 5 meses do ano, esta mesma subestação é utilizada para consumo de energia. Neste ponto, o relé utilizado é o Siemens SIPROTEC 7SJ80.

Na região onde a usina se encontra, temos um valor mediano de densidade de descargas atmosféricas ( $N_g$ ): 6,6 descargas/km<sup>2</sup>/ano (INPE, 2015). Estando num local bastante isolado, a quantidade de descargas atmosféricas e surtos na rede fazem com que seja necessário que estes relés estejam configurados da melhor

maneira possível, já que em algumas situações recentes, houveram desarmes de grandes quantidades de *drives* de acionamento (*soft-starters* e inversores de frequência) de CCMs (Centro de Controle de Motores) inteiros e os dispositivos de proteção não atuaram.

Outro fator, que pode ser prejudicial ao sistema, são as condições oferecidas pela concessionária de energia da região. A Figura 7 mostra o histórico do supervisão de operação de geração de energia quando ocorreu um desarme num instante em que a tensão chegou a 15.316,16 V. O limite máximo permitido é de 14.490, que corresponde a 5% de tolerância.



**Figura 6 – Print da tela do Supervisório no momento que a tensão chega a 14.565 V. Fonte: (Autoria própria, 2019).**

Na safra de 2017, em um trecho de rede compacta, houveram vários rompimentos de cabo devido a dosagem de produtos químicos em um sistema de refrigeração tipo spray próximo a rede. Estes produtos acumulavam nos espaçadores, chamados cavalos-marinhos, gerando uma condutividade entre fases ocasionando o rompimento dos cabos. Essas falhas geraram curiosidade sobre o sistema de proteção, pois os reles não atuavam. O que acabou se tornando o principal motivo do

desenvolvimento deste trabalho, pois nesta época para entender a falta de atuação dos reles, se descobriu que os parâmetros de proteção destes estavam desativados sem configuração alguma.

### 3 ANÁLISE DE FALTAS

De acordo com ALMEIDA (2000), em sistemas elétricos de potência, os curtos-circuitos podem ser de quatro tipos: bifásico, trifásico, fase-terra e bifásico-terra. Quando trifásicas, as faltas podem ser analisadas por fase, já que são consideradas equilibradas entre os condutores. Suas correntes apenas serão defasadas em 120 graus. Os outros três tipos de curtos são assimétricos, requerendo a utilização do Método das Componentes Simétricas, exposto na sequência.

#### 3.1 COMPONENTES SIMÉTRICAS

O teorema de Fortescue diz que um sistema trifásico de três fasores desbalanceados pode ser decomposto em três sistemas semelhantes balanceados chamados de componentes simétricas de sequências: positiva, negativa e zero (KINDERMANN, 1997).

Como mostra a Figura 6, três fasores, balanceados de mesmo módulo e defasados de 120 graus entre si, constituem a sequência positiva. Nesta sequência, os fasores giram na velocidade síncrona do sistema original ( $\omega_{original}$ ).

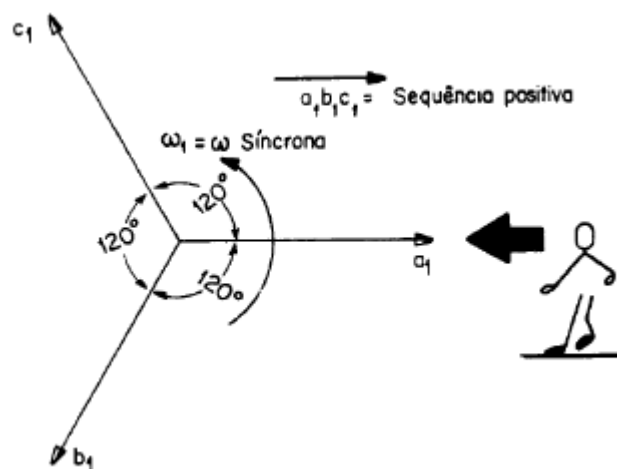


Figura 7 – Ilustração da sequência positiva.

Fonte: (KINDERMANN, 1997).

A seqüência negativa representada na Figura 7 é semelhante a seqüência positiva, porém gira no sentido contrário.

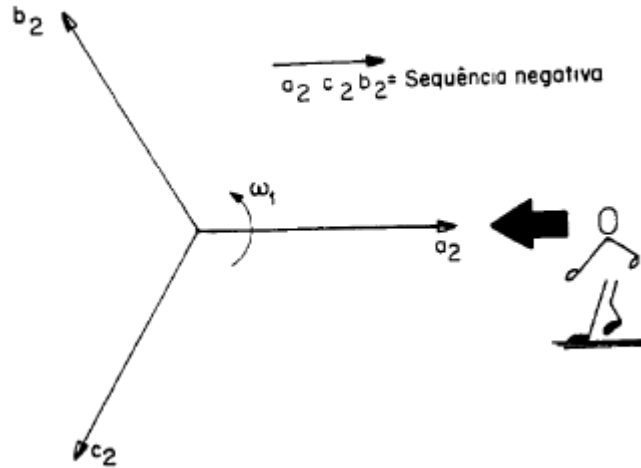


Figura 8 – Ilustração da seqüência negativa.

Fonte: (KINDERMANN, 1997).

O sistema trifásico de seqüência zero é um conjunto de 3 fasores igual em fase no sentido original, da mesma forma que a seqüência positiva.

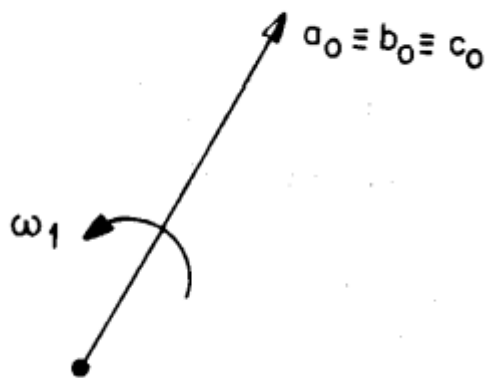


Figura 9 – Ilustração da seqüência zero.

Fonte: (KINDERMANN, 1997).

Como um sistema desbalanceado pode ser representado por 3 sistemas equilibrados de sequência zero, positiva e negativa, pode-se fazer a superposição dos 3 para obter o sistema real. Assim, a expressão analítica do teorema de Fortescue é:

$$\begin{aligned}\dot{V}_a &= \dot{V}_{a1} + \dot{V}_{a2} + \dot{V}_{a0} \\ \dot{V}_b &= \dot{V}_{b1} + \dot{V}_{b2} + \dot{V}_{b0} \\ \dot{V}_c &= \dot{V}_{c1} + \dot{V}_{c2} + \dot{V}_{c0}\end{aligned}$$

Reescrevendo definindo o operador  $a$  como:

$$\dot{a} = 1 \angle 120^\circ$$

Obtém-se a seguinte equação matricial:

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_a \\ \dot{V}_b \\ \dot{V}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \dot{a}^2 & \dot{a} \\ 1 & \dot{a} & \dot{a}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{V}_{a0} \\ \dot{V}_{a1} \\ \dot{V}_{a2} \end{bmatrix}$$

Com esse tipo de sistema, a fase 'a' pode ser analisada e a equação acima pode fornecer os valores do sistema desbalanceado (KINDERMANN, 1997). O mesmo teorema pode ser aplicado utilizando fasores de corrente; no exemplo acima, utilizou-se tensão.

Outro componente importante, num estudo como esse, é o transformador. Como se trata de um componente passivo, suas impedâncias de seqüências positiva e negativa são iguais, ou seja, o sentido de giro dos fasores não altera seu valor. Assim:

$$Z_1 = Z_2$$

Este valor é obtido através dos ensaios que o fabricante realiza ao finalizar um transformador, cujos dados costumam estar presentes em suas placas.

No caso da seqüência zero, as características construtivas do transformador influenciam nos valores das impedâncias. Conforme KINDERMANN (1997), e ilustrado na Figura 9, a impedância de um transformador varia de acordo com a sua configuração.


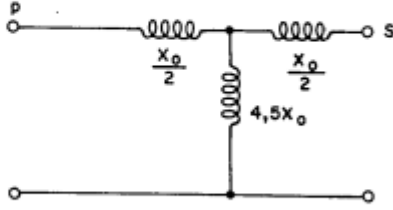

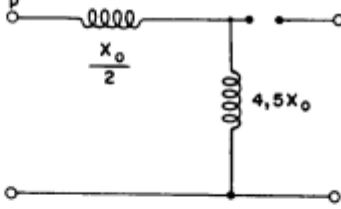

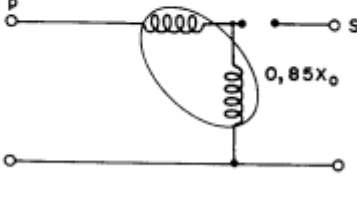
Transformador 3 $\phi$ 2 enrolamentos	Circuitos equivalente por fase da sequência zero
	
	
	

Figura 10 – Circuito equivalente por fase de um transformador.  
Fonte: (KINDERMANN, 1997).

## 4 ESTUDO DE CASO

Neste estudo, serão considerados apenas os setores da usina alimentados pelo Gerador 5 (barramento de média tensão), identificado no Capítulo 2; pois apenas estes possuem relés de proteção para serem configurados.

Para as simulações, foi utilizado o software PTW, Power Tools for Windows. As correntes indicadas nos gráficos são:

- **A** – corrente de curto-circuito trifásica mínima no secundário referida ao primário;
- **B** - corrente de curto-circuito trifásica máxima no secundário referida ao primário;
- **C** - corrente de fase-terra mínima no nível de tensão;
- **D** - corrente de fase-terra máxima no nível de tensão;

Desta forma, a maioria das informações já estão definidas. Assim, o objetivo final deste estudo é configurar as funções de proteção dos dispositivos existentes e especificados.

Seguem os gráficos e dados retirados das simulações de cada alimentador; o diagrama unifilar geral se encontra no Apêndice A com os valores de curto-circuito obtidos no experimento.

No Apêndice B, o digrama mostra os valores das impedâncias dos transformadores, valores que foram retirados das suas placas de dados. No caso dos cabos, estes dados são provenientes dos catálogos e/ou *datasheets* dos fabricantes.

Na Figura 11, está o diagrama geral a ser analisado, que mostra as ramificações dos circuitos e o posicionamento dos relés em relação a carga a ser protegida.



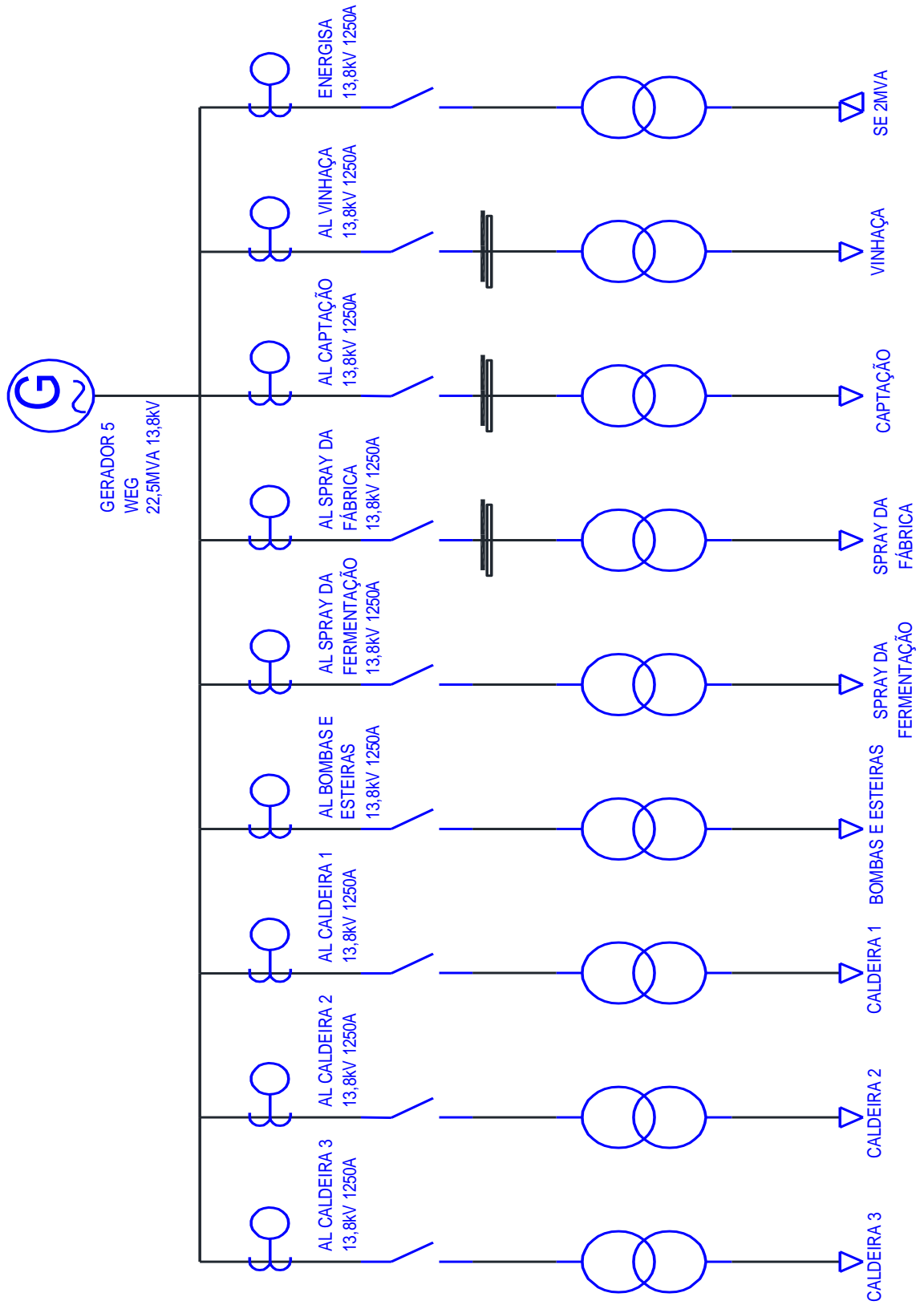


Figura 11 – Diagrama unifilar total a ser analisado.

Fonte: (Autoria própria, 2018).

## 4.1 RELE DE ENTRADA

Como apresentado anteriormente o relé da subestação de entrada é o mostrado na Figura 3, este será configurado da seguinte maneira.

### 4.1.1 Pick-up de fase – 67 (Sentido de Geração de Energia)

Na ocasião onde a empresa está vendendo energia, consideramos o valor máximo de potência que a usina pode injetar na rede: 2MW. A corrente então será:

$$I = \frac{2000KW}{\sqrt{3} * 34,5kV * 0,95} = 37,2A$$

### 4.1.2 Pick-up de fase – 67 (Sentido de Consumo de Energia)

Considerando a situação de consumo de energia. Para o cálculo vamos assumir como potência total a demanda máxima contratada de 700 KW, e o fator de potência mínimo exigido em operação de 0,95. Utilizando a fórmula da potência em um sistema trifásico temos:

$$I = \frac{700KW}{\sqrt{3} * 34,5kV * 0,95} = 14,8A$$

### 4.1.2 Instantâneo de fase – 67

O ajuste instantâneo de fase foi obedecendo o critério da corrente de magnetização do transformador e do curto-circuito assimétrico na 13,8kV refletido para a 34,5kV, portanto:

$$I_{MAG} = 10 * I_{NTRAFO} = 10 * 41,83 = 418,3A$$

#### 4.1.3 Pick-up de neutro – 67N

O ajuste adotado foi de 10% da corrente nominal do TC, evitando atuações indevidas por erro de leitura por causa da imprecisão dos TC's de proteção de 10%.

#### 4.1.4 Instantâneo de neutro – 67N

Como padrão, foi adotado para este ajuste uma corrente de 110% da corrente residual.

$$I_{MAGresidual} = 20\% I_{MAG} = 0,2 * 418,3A = 83,7A$$

$$I_n = 110\% I_{MAGresidual} = 1,1 * 83,7A = 92A$$

## 4.2 ALIMENTADOR CALDEIRA 3

Segue o gráfico que contém os valores das correntes de curto (A, B, C e D) e os valores a serem utilizados na configuração do relé deste alimentador.

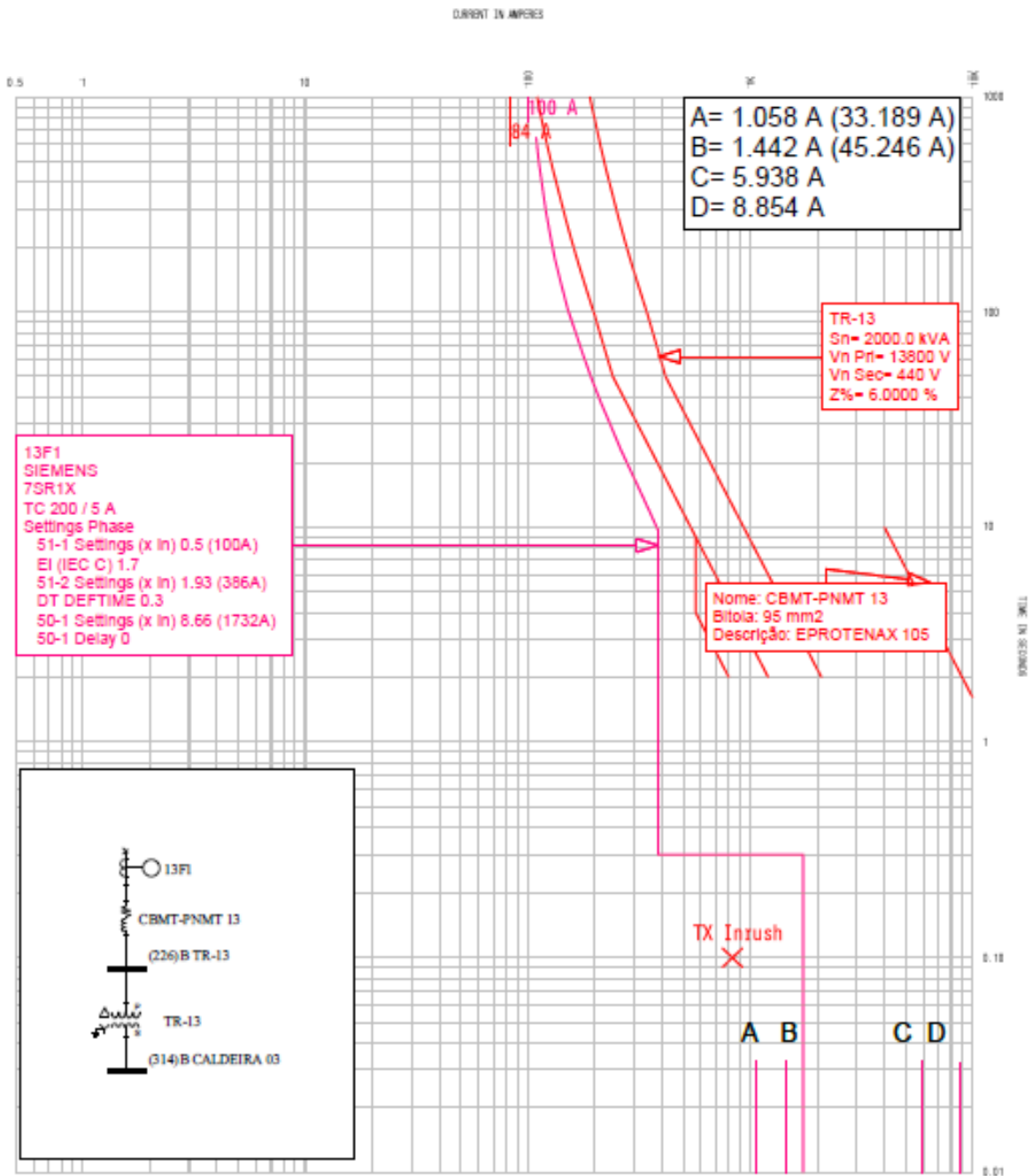


Figura 12 – Gráfico da simulação no alimentador do CCM-Caldeira 3.

Fonte: (Autoria própria, 2019).

O gráfico mostra na relação tempo x corrente os pontos de atuação de cada um dos parâmetros de proteção enumerado segundo a tabela ANSI. Fica visível também a posição das correntes de curto em relação a curva do dispositivo de proteção.

Este ramo do circuito é composto pela extensão do cabo de média tensão e também pelo transformador 13,8/440 kV, posicionados após o rele.

#### 4.3 ALIMENTADOR CALDEIRA 2

Os CCMs das Caldeiras 1, 2 e 3 estão todos locados no mesmo prédio fazendo com que os cabos 12/20KV, de mesma bitola, tenham distâncias aproximadas. Tal fator, aliado a potência aparente dos transformadores a óleo de 1.500KVA também serem idênticas deixa claro o porque dos resultados muito próximos.

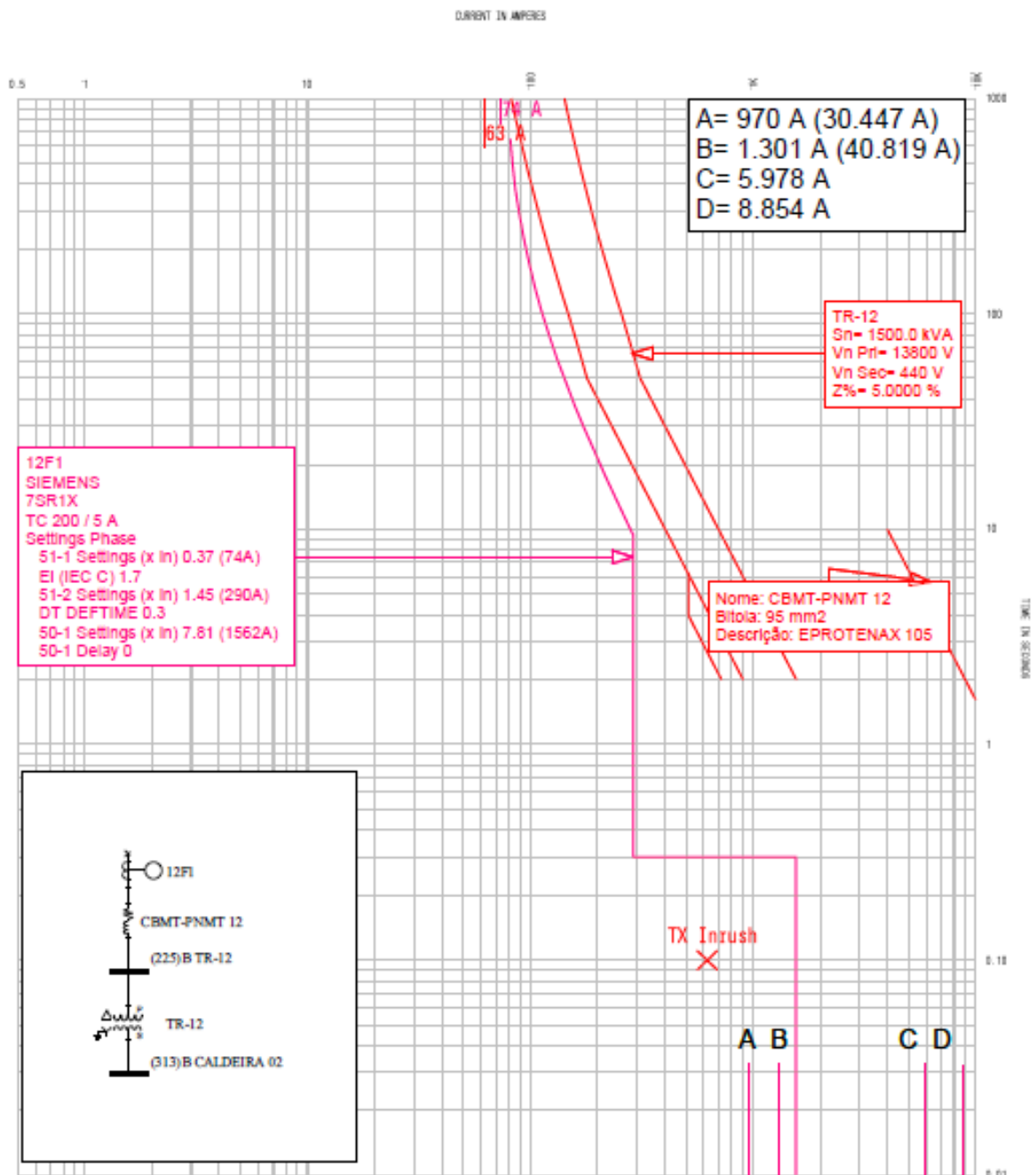


Figura 13 – Gráfico da simulação no alimentador do CCM-Caldeira 2.

Fonte: (Autoria própria, 2019).

## 4.4 CALDEIRA 1

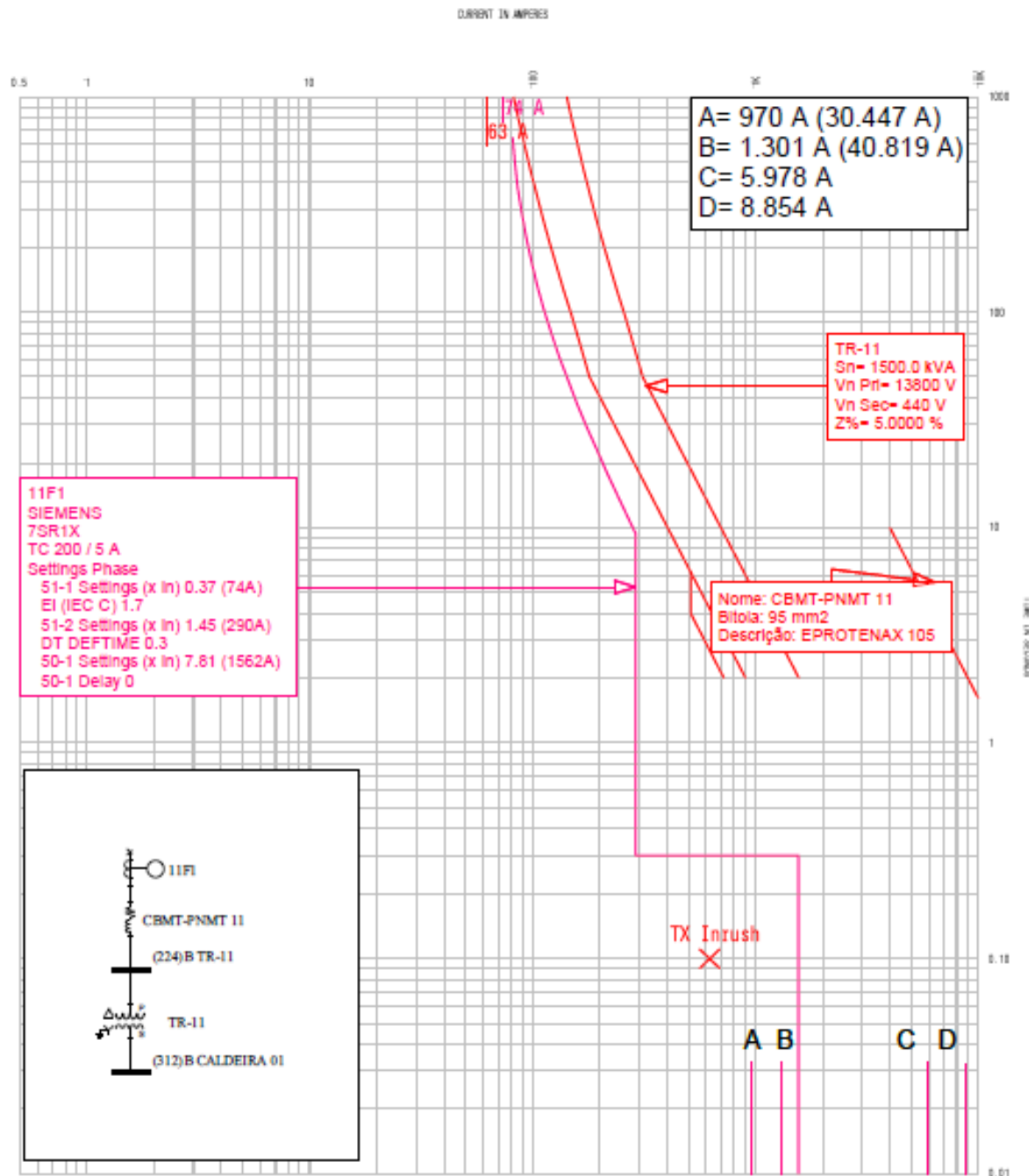


Figura 14 – Gráfico da simulação no alimentador do CCM-Caldeira 1.

Fonte: (Autoria própria, 2019).

## 4.5 ALIMENTADOR BOMBAS E ESTEIRAS

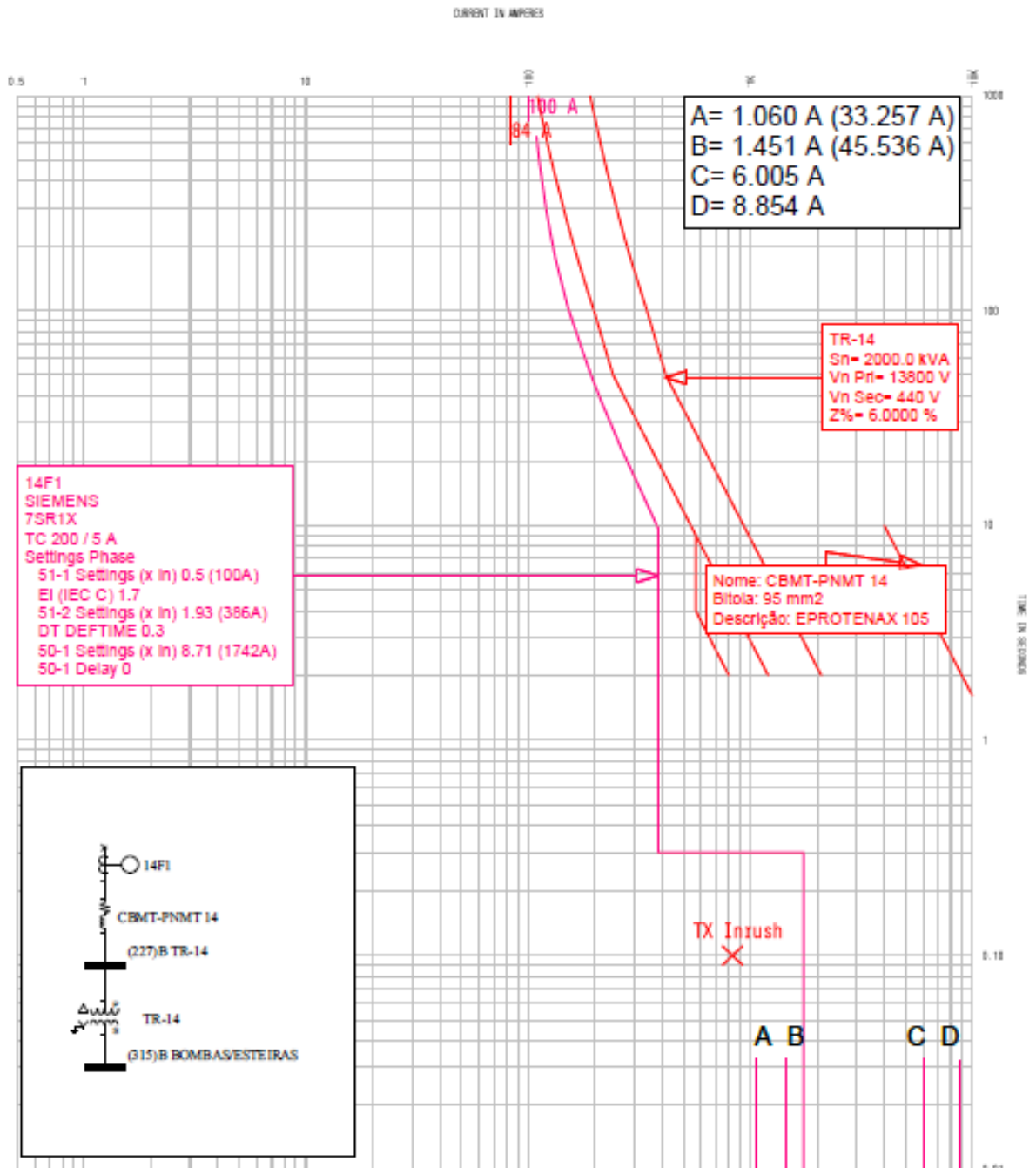


Figura 15 – Gráfico da simulação no alimentador do CCM-Bombas e Esteiras.

Fonte: (Autoria própria, 2019).



## 4.6 ALIMENTADOR SPRAY DA FERMENTAÇÃO

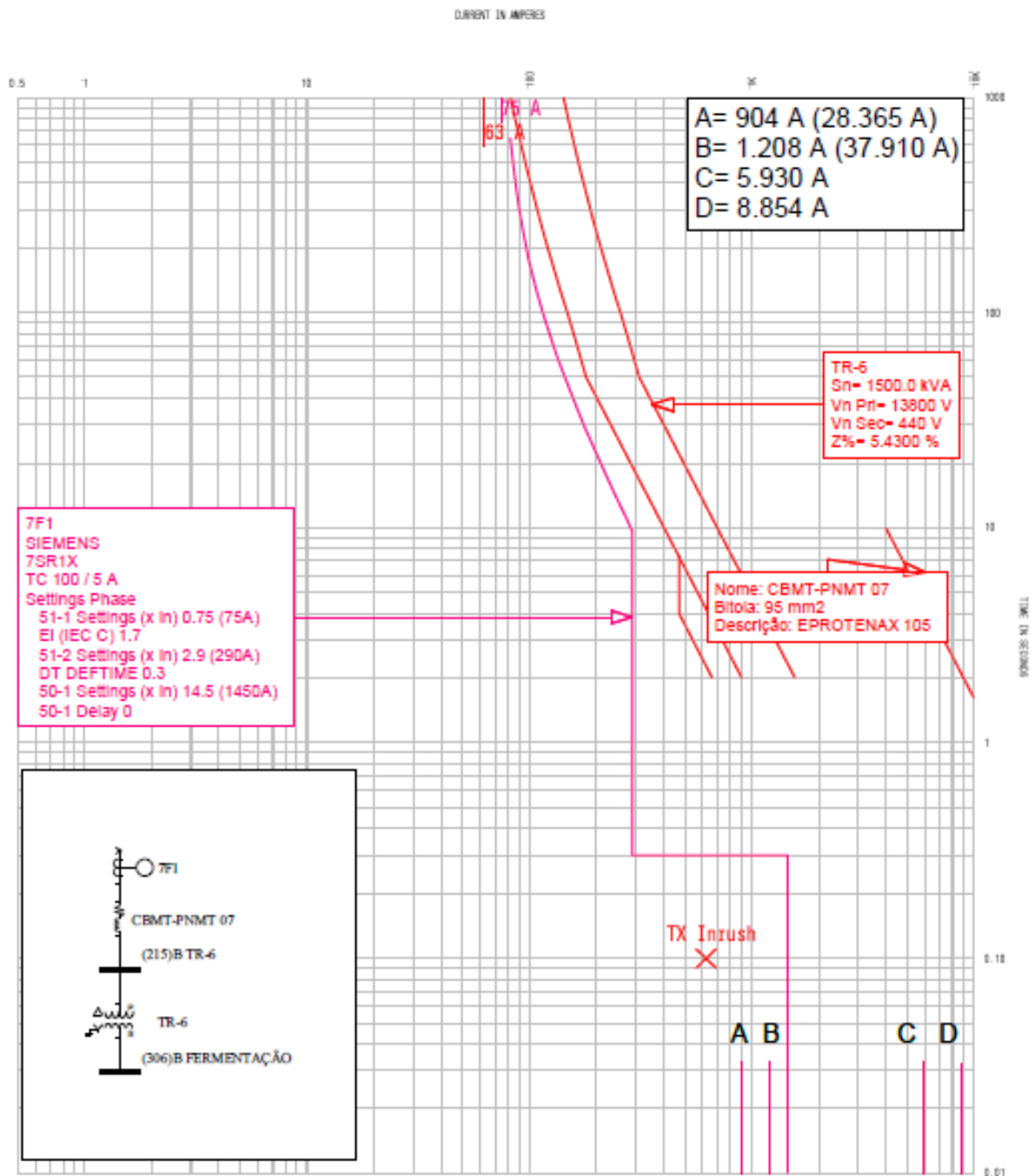


Figura 16 – Gráfico da simulação no alimentador do CCM-Spray da Fermentação.

Fonte: (Autoria própria, 2019).

## 4.7 ALIMENTADOR SPRAY DA FÁBRICA

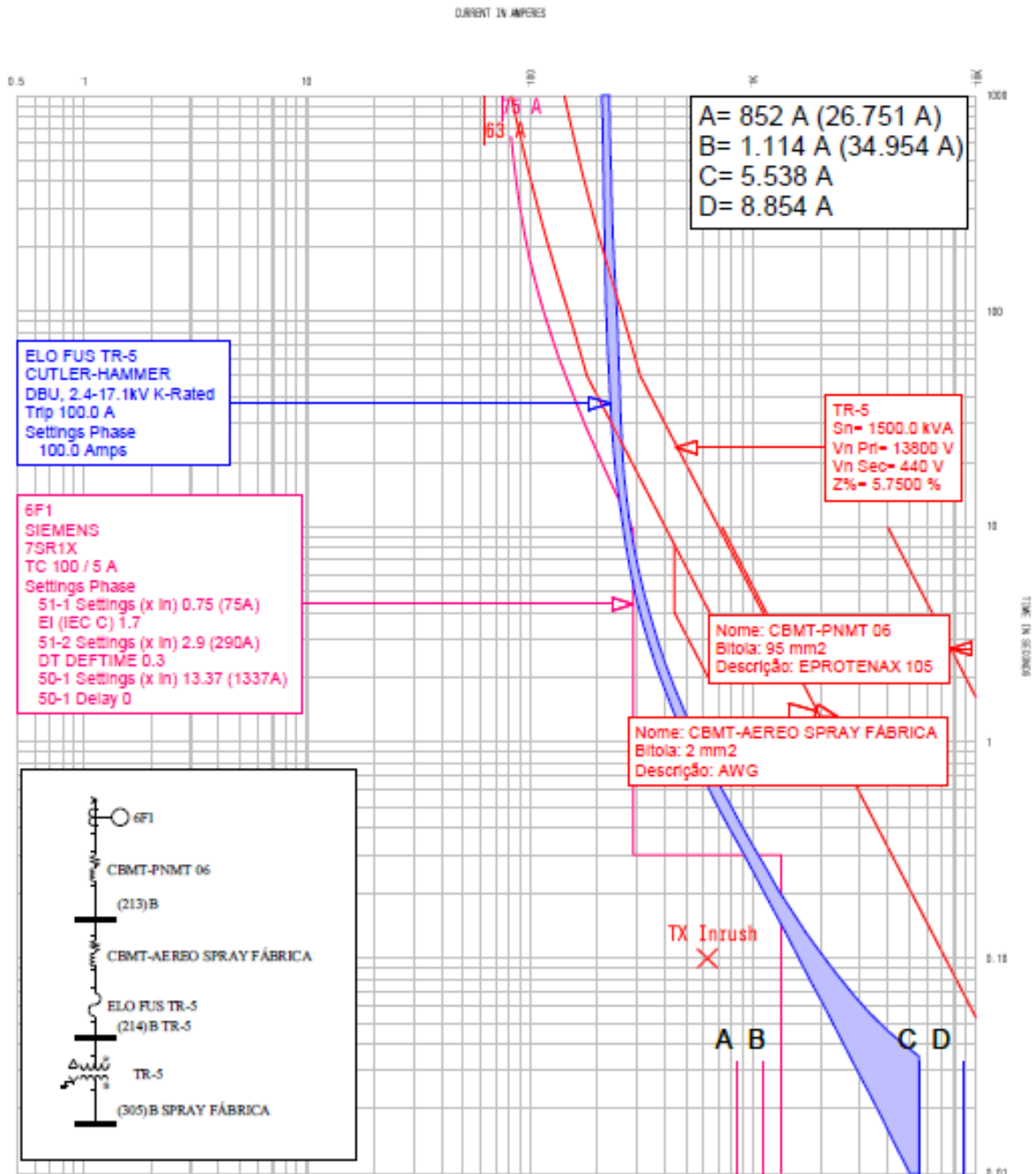


Figura 17 – Gráfico da simulação no alimentador do CCM-Spray da Fábrica.

Fonte: (Autoria própria, 2019).

### 4.8 ALIMENTADOR CAPTAÇÃO

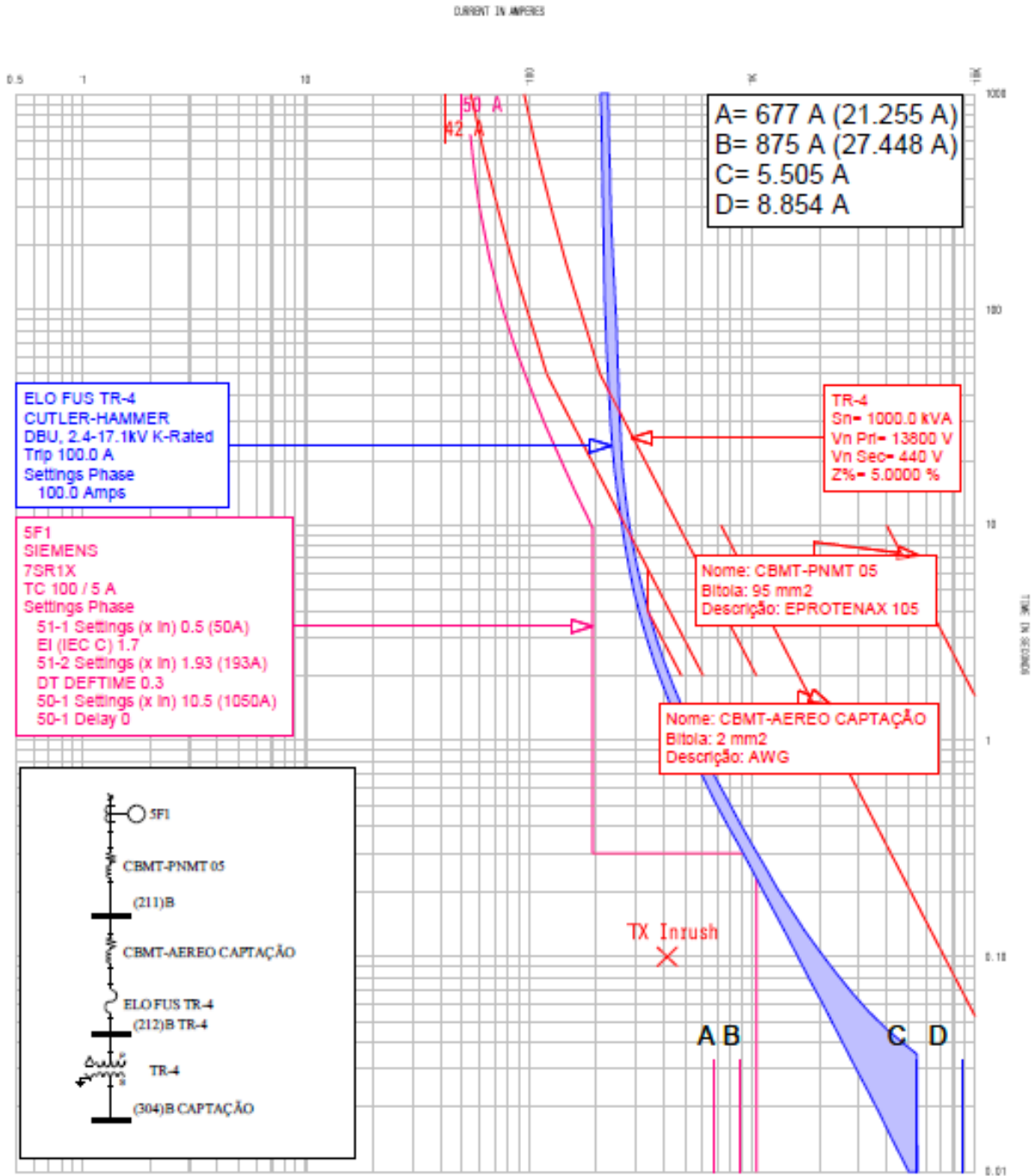


Figura 18 – Gráfico da simulação no alimentador do CCM-Captação.

Fonte: (Autoria própria, 2019).

4.9 ALIMENTADOR VINHAÇA

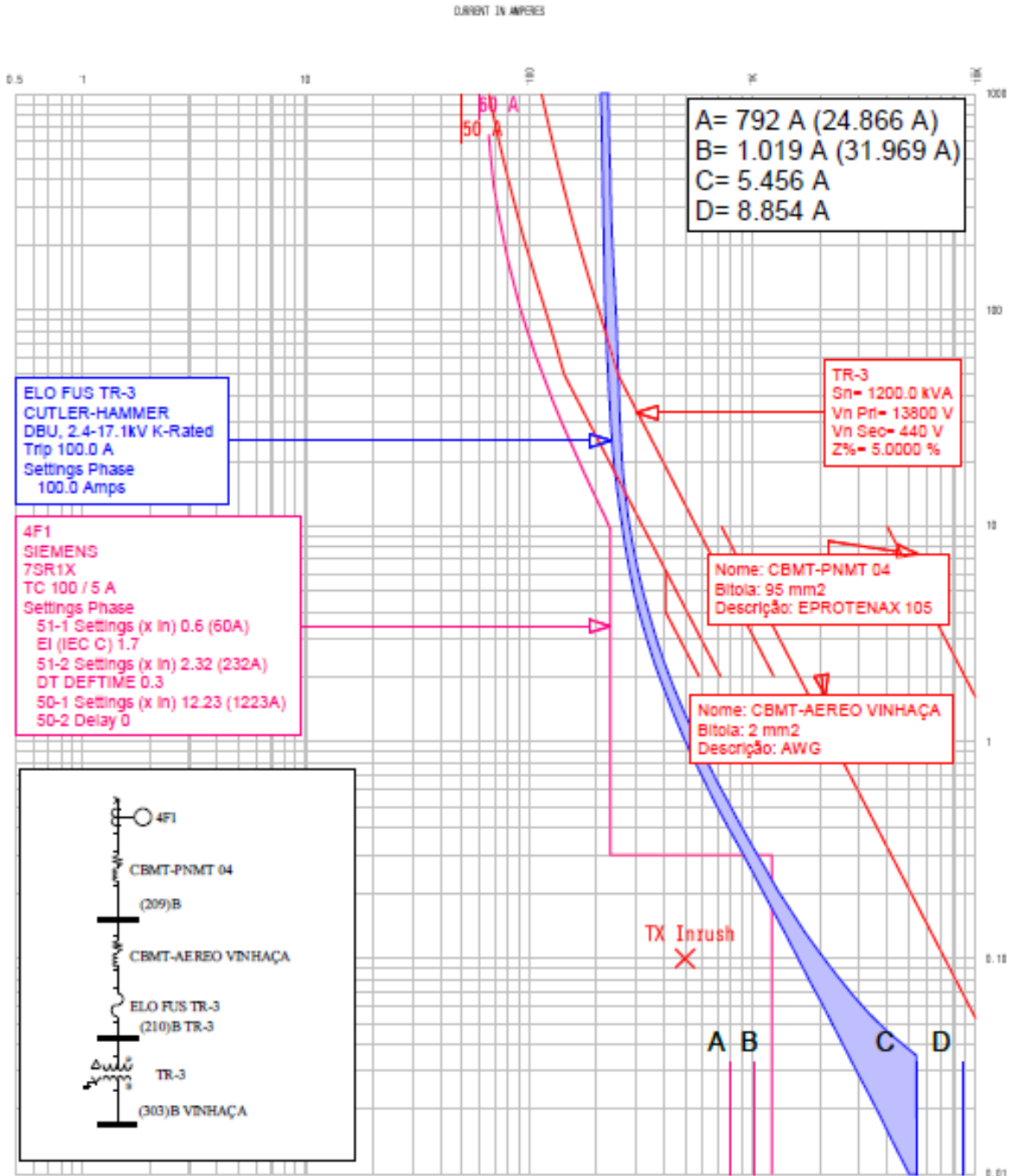


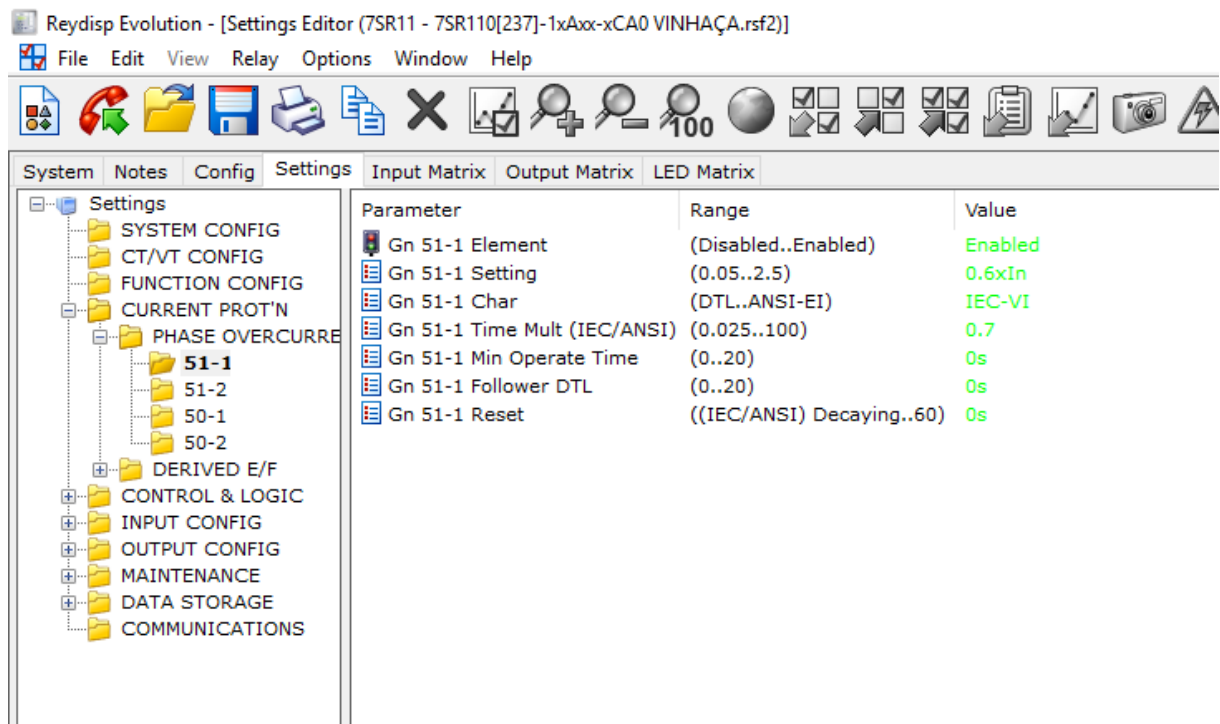
Figura 19 – Gráfico da simulação no alimentador do CCM-Vinhaça.

Fonte: (Autoria própria, 2019).

Diferentemente dos outros alimentadores, o Spray da Fábrica, a Captação e a Vinhaça estão localizadas em pontos distantes ao aglomerado da indústria, e conseqüentemente ao centro de geração de energia fazendo com que seja necessária uma configuração diferente.

Nestes casos a constituição do circuito é: um relé, um cubículo alimentador de média tensão (13,8kV), um trecho de rede aérea com seccionamento por elo fusível e um transformador. No gráfico da Figura 19, em azul, se vê a faixa de atuação do elo.

Na Figura 20, pode-se ver a utilização do programa *Reydisp Evolution* da Siemens que dá acesso a configuração dos relés, para que os valores obtidos possam ser aplicados e o sistema devidamente protegido.



**Figura 20 – Configuração do relé aplicada em campo.**

**Fonte: (Autoria própria, 2019).**

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho consistiu em compreender parte do universo da proteção, coordenação e seletividade, além de conhecer e estudar novos dispositivos, com o objetivo de utilizá-los no dia-a-dia.

Durante o processo foi possível compreender a importância das informações contidas em documentos de engenharia, como diagramas, prontuários e outros projetos. Assim como a necessidade de constante atualização destes, principalmente se tratando de uma planta antiga passando por um período de atualização e reformulação de conceitos estruturais e técnicos.

O estudo de coordenação e seletividade tem um papel fundamental no funcionamento do sistema, pois dele depende a segurança da operação e do operador, a proteção dos equipamentos, a continuidade do fornecimento de energia, entre outras funções.

O objetivo de configurar os dispositivos de proteção foi atingido e os valores podem ser considerados coerentes, fica agora o trabalho de analisar o funcionamento dos reles e fazer acompanhamento contínuo para que possa haver um ajuste cada vez mais preciso e de acordo com a necessidade da planta.

Pensando em pretensões futuras, fica a disponibilidade do arquivo já montado para que seja constantemente atualizado, e conforme as cargas da usina sejam levadas todas para os alimentadores de média tensão, já sejam configurados os dispositivos de proteção da maneira devida.

## REFERÊNCIAS

NOVACANA. **Usinas do Brasil**. 2018. Disponível em: <[https://www.novacana.com/usinas\\_brasil/](https://www.novacana.com/usinas_brasil/)>. Acesso em 31 de Março de 2018.

UNICA. **PIB do Setor Sucreenergético Gerou Mais de 113 Bilhões em 2015**. 2016. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/noticia/705197392033158412/pib-do-setor-sucreenergetico-gerou-mais-de-r-por-cento24-113-bilhoes-em-2015/>>. Acesso em 31 de Março de 2018.

COPRODIA. **Nossa história**. 2015. Disponível em: <<http://usina.coprodia.com.br/nossa-historia/>>. Acesso em 31 de Março de 2018.

SOUZA, Ana Carolina de. **Estudo das aplicações do bagaço da cana-de-açúcar dentro e fora das indústrias sucroalcooleiras**. Itajubá: Revista Brasileira de Energia, v. 21, 2015.

ASFORAMA. **Os benefícios da aplicação de torta de filtro no canavial**. 2017. Disponível em: <<http://www.asforama.com.br/noticia/os-beneficios-da-aplicacao-de-torta-de-filtro-no-canavial>>. Acesso em 31 de Março de 2018.

NOVACANA. **Uso da vinhaça na cultura da cana-de-açúcar**. 2013. Disponível em: <<https://www.novacana.com/cana/uso-vinhaca-cultura/>>. Acesso em 1º de Abril de 2018.

WOODWARD. **HighPROTEC MRA4**. [S.l.]: [s.n.], 2019.

SIEMENS. **7SR11 and 7RS12 Argus Overcurrent Relays**. [S.l.]: [s.n.], 2010.

SEL. **700G Relé de proteção de gerador**. [S.l.]: [s.n.], 2014.

INPE. **Densidade de Cargas para a terra**. 2015. Disponível em: <[http://www.inpe.br/webelat/ABNT\\_NBR5419\\_Ng/](http://www.inpe.br/webelat/ABNT_NBR5419_Ng/)>. Acesso em 3 de Abril de 2018.

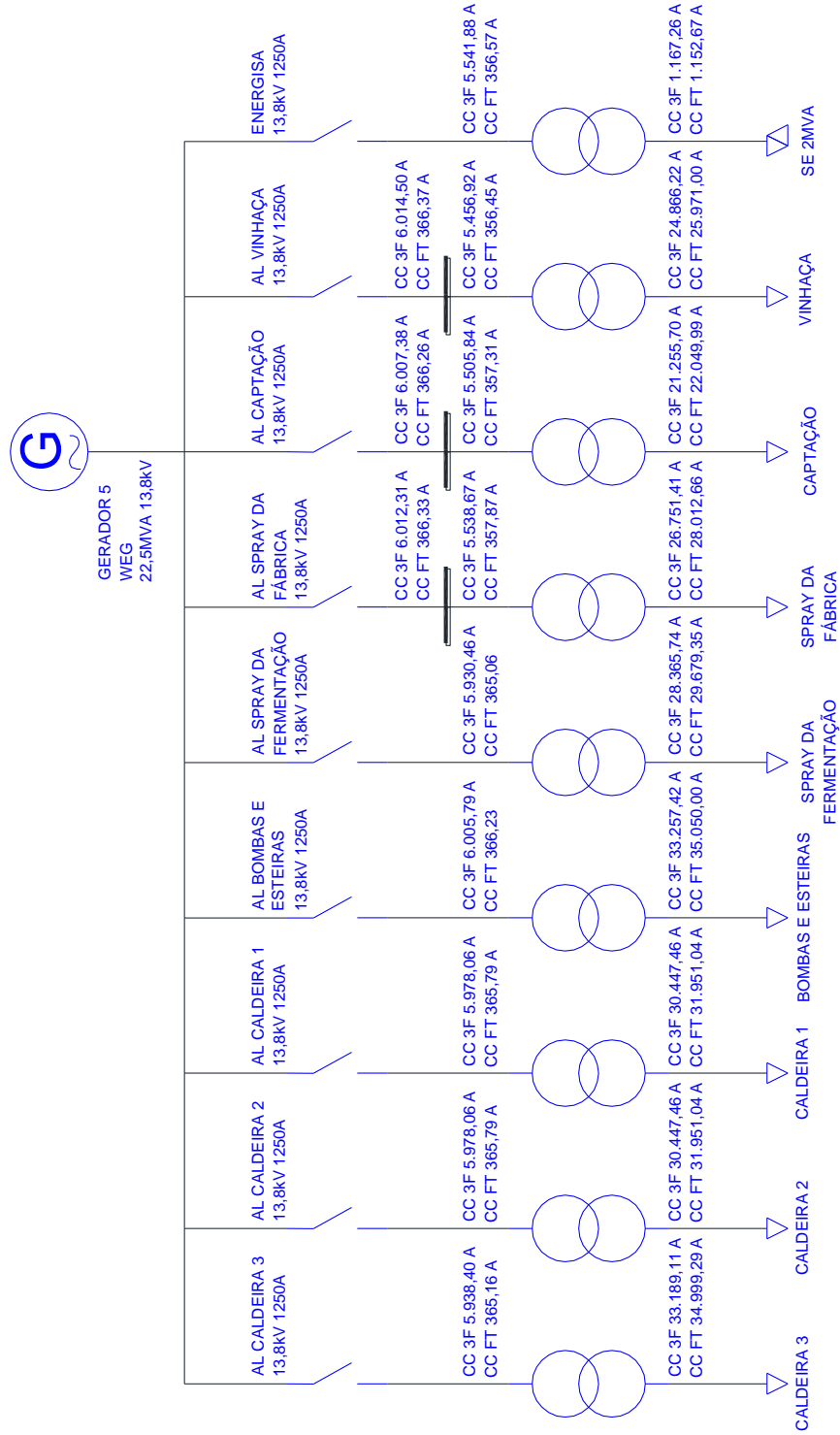
KIOSKEA. Diagrama de Gantt. **Kioskea.net**, 2011. Disponível em: <<http://pt.kioskea.net/contents/projet/gantt.php3>>. Acesso em: 07 Mar. 2011.

KINDERMANN, G. **Curto-circuito**, 2<sup>a</sup> ed Porto Alegre: Sagra Luzzato, 1997. ISBN: 85-1967.

ALMEIDA, M. A. D. de. **Apostila de Proteção de Sistemas Elétricos**. Natal: UFRN. 2000.



## APÊNDICE A



APÊNDICE B

