



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

RAIR FERNANDES MOREIRA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Campina Grande, PB

Maio de 2014

RAIR FERNANDES MOREIRA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

*Relatório de Estágio Integrado submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Proteção de Sistemas Elétricos

Orientador:

Prof. Francisco das Chagas Fernandes Guerra

Campina Grande, PB

Maio de 2014

RAIR FERNANDES MOREIRA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Relatório de Estágio Integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Proteção de Sistemas Elétricos

Aprovado em / /

Professor Avaliador

Universidade Federal de Campina Grande

Avaliador

Prof. Francisco das Chagas Fernandes Guerra

Universidade Federal de Campina Grande

Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha família e amigos,
que sempre estiveram comigo, me apoiando e
incentivando.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, acima de tudo, por ter me dado saúde e paz necessárias para conseguir realizar meus deveres e enfrentar os obstáculos no meio do caminho da melhor forma possível.

Agradeço a meus pais, especialmente, pelo empenho em me educar e pela força incondicional dada em todos os momentos da minha vida.

Agradeço também a toda minha família e amigos que foram fundamentais ao longo dessa trajetória, me fornecendo apoio e incentivos.

Agradeço ao meu orientador, Chagas, pela paciência e tempo dedicado as sugestões na execução deste trabalho.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma, passaram pela minha vida e contribuíram para a construção de quem sou hoje.

*“Um sonho que se sonha só,
É só um sonho que se sonha só
Mas sonho que se sonha junto
É realidade”*

Raul Seixas

RESUMO

Este relatório tem como objetivo descrever, de forma sucinta, as atividades que foram desenvolvidas durante o período de estágio integrado na INTEREST Engenharia Ltda., sendo este estágio requisito para conclusão da disciplina de Estágio Integrado.

O estágio foi desenvolvido na área de Proteção de Sistemas Elétricos, aplicando conhecimentos adquiridos na universidade ou no trabalho de diversas formas por meio de atividades distintas. Neste documento são apresentados fundamentos de proteção de linhas com ênfase em esquemas lógicos de proteção e teleproteção que foram mais usados durante o estágio. Em seguida são descritas, de forma geral, as várias atividades desenvolvidas na empresa, mostrando as metodologias empregadas e os resultados obtidos. Por fim, são feitas as considerações finais ressaltando quais conhecimentos adquiridos na universidade foram fundamentais para realização do trabalho e quais os maiores aprendizados nesse período.

Palavras-chave: Estágio, Proteção, Atividades.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Base e caixa de ligação do TC.....	7
Figura 2. Caixa de ligação do TC.....	7
Figura 3. Caixa de ligação do TP.....	8
Figura 4. Parte frontal de um painel de proteção.....	13
Figura 5. Parte traseira de um painel de proteção.....	14
Figura 6. Layout de um painel de proteção.....	15
Figura 7. Lista de materiais de um chassi de proteção.....	16
Figura 8. Régua de bornes com fiação.....	17
Figura 9. Fonte de tensão usada no teste de tensão aplicada.....	18
Figura 10. Giga de testes.....	20
Figura 11. Mala de testes OMICRON.....	21
Figura 12. Distribuição de potencial.....	23
Figura 13. Entradas digitais do relé SEL 421.....	24
Figura 14. Saídas digitais do relé SEL 421.....	25
Figura 15. Painel CP2 da proteção 7SL32 da linha 04S1 da SE RIB.....	28
Figura 16. Fiação de relés auxiliares.....	30
Figura 17. Interligação do TC da LT 04S1 – SE JZD.....	31
Figura 18. Interligação do CP2 com o TC e painel do Oscilógrafo.....	32

SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da Empresa	2
1.2	O Estágio	3
2	Fundamentação Teórica	4
2.1	Lógicas de Proteção	6
2.1.1	Falha de Disjuntor	6
2.1.2	Fechamento Sobre Falta (SOTF)	6
2.1.3	Monitoramento da Tensão Secundária do TP	6
2.1.4	Religamento Automático	9
2.1.5	Verificação de Sincronismo	9
2.2	Teleproteção	10
3	Atividades Desenvolvidas	12
3.1	Inspeção de Painéis de Proteção	12
3.2	Teste de Aceitação de Fábrica (TAF)	19
3.3	Projetos Elétricos de Linhas de 230kV do <i>Retrofit</i>	21
3.3.1	Diagrama Funcional	22
3.3.2	Diagrama de Fiação	28
3.3.3	Diagrama de Interligação	30
4	Conclusão	33
	Bibliografia	34

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo apresentar de forma resumida as experiências vividas e o aprendizado adquirido durante o estágio integrado na Interest Engenharia Ltda. O estágio teve duração de seis meses, com carga horária de 40 horas semanais. O trabalho desenvolvido na empresa foi realizado na equipe de projetos elétricos e de comissionamento responsável pelo *retrofit* de relés de proteção de linhas de transmissão pertencentes ao sistema CHESF (Companhia Hidro Elétrica do São Francisco).

O *retrofit* de relés de proteção de linhas diz respeito à substituição das cadeias de proteção antigas ou de relés digitais desatualizados por relés digitais modernos que executam diversas funções de proteção de forma rápida e segura. Os relés são os principais componentes do sistema de proteção, pois são eles que monitoram a linha (ou outro equipamento que estejam destinados a proteger, como um transformador, por exemplo) e no caso de um curto-circuito atuam enviando sinais para abertura de disjuntores de forma a isolar o setor defeituoso.

Os relés evoluíram tecnologicamente, desde os relés eletromecânicos até os relés digitais, que comportam diversas funções de proteção em apenas um componente, o que antes era feito por equipamentos separados, o que ocasionava a ocupação de muito espaço nas cabanas de relés das subestações. Além disso, os relés digitais são de ajuste e manutenção mais fácil, além de poderem se comunicar por meio de cabos de rede entre si e com unidades terminais remotas, entre outras vantagens, garantindo maior segurança e seletividade. Por isso a necessidade do *retrofit*. Em contrapartida, os relés digitais têm duração menor devido aos rápidos avanços da eletrônica e de softwares, devendo ser atualizados num curto intervalo de tempo.

No desenvolvimento deste relatório é apresentado, inicialmente, fundamentos de proteção de sistemas elétricos com ênfase em esquemas lógicos de proteção e teleproteção que foram essenciais para o desenvolvimento do estágio principalmente na elaboração de projetos elétricos executivos. Em seguida são descritas as atividades desenvolvidas no programa de estágio. Por fim, são feitas as considerações finais ressaltando os conhecimentos adquiridos na universidade que foram fundamentais para

desenvolvimento do estágio e os conhecimentos adquiridos específicos do campo de trabalho.

1.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A INTEREST Engenharia, fundada em 1990, é uma empresa especializada em consultoria e projetos de engenharia de sistemas de transmissão e geração de energia elétrica. Em seu portfólio incluem-se ainda os serviços de acompanhamento e fiscalização de obras e os serviços de instalação, montagem e *retrofit* de painéis de proteção e controle.

O corpo técnico da INTEREST é formado por engenheiros e técnicos, com reconhecida experiência, que se destacaram durante a sua carreira profissional, nas áreas de projetos e implantação de sistemas elétricos de potência, envolvendo-se diretamente com vários empreendimentos de destaque da engenharia nacional.

A INTEREST está localizada na cidade do Recife, contando com infraestrutura adequada à sua área de atuação, ocupando 230 m² de escritórios, rede de aproximadamente 40 estações de trabalho e softwares de engenharia de última geração.

A empresa desenvolve trabalhos em subestações de alta e extra-alta tensão, dentre eles:

- Projetos básico e executivo eletromecânico, civil e elétrico de subestações até 500 kV.
- Projetos de *retrofit* para substituição de sistemas de proteção eletromecânicos; ou estáticos por sistemas digitais.
- Projetos de sistemas de serviços auxiliares.
- Projetos de sistemas de medição de faturamento.
- Especificações técnicas de sistemas de medição, proteção, comando, controle e supervisão.
- Especificações técnicas de equipamentos.
- Manuais de Operação e Manutenção.
- Projetos de telecomunicações e teleproteção, através de empresa parceira.

- Estudos de coordenação e seletividade de proteções, através de empresa parceira.
- Estudos elétricos de sistemas de potência, através de empresa parceira.

Internamente, a INTEREST é dividida nas seguintes equipes:

- Equipe de Elétrica: executa projetos elétricos de subestações novas ou projetos de *retrofit* de cadeias de proteção. Realiza também comissionamento e execução dos projetos de *retrofit*.
- Equipe de Eletromecânica: responsável por projetos eletromecânicos e de equipamentos de subestações.
- Equipe de Civil: executa projetos de construção civil envolvidos em subestações.

1.2 O ESTÁGIO

O estágio integrado foi desenvolvido na equipe de projetos elétricos e de comissionamento e execução do *retrofit* de linhas de transmissão de 230 kV e 500 kV pertencentes ao sistema Chesf. As atividades desenvolvidas durante esse tempo foram:

- i. Estudo de filosofias de proteção e teleproteção e diagramas lógicos equivalentes.
- ii. Inspeção de painéis de proteção.
- iii. Acompanhamento de Teste de Aceitação de Fábrica (TAF).
- iv. Auxílio e elaboração de projetos elétricos executivos do *retrofit*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O componente principal dos sistemas de proteção é o relé. Relé é, basicamente, um sensor que monitora sinais de tensão e corrente vindos de transformadores de potencial (TPs) e transformadores de corrente (TCs) e envia sinais de comando para atuação de disjuntores a fim de isolar uma falta e causar o menor comprometimento possível ao sistema. Esse sinal enviado ao disjuntor é comumente chamado de *trip*. Atualmente se utiliza relés digitais que implementam diversas funções de proteção por meio de esquemas lógicos internos. As funções de proteção clássicas recebem numeração de acordo com a norma *ANSI* e podem ser descritas de forma resumida da seguinte forma:

- Proteção 50 (sobrecorrente instantânea): os relés monitoram a corrente em cada fase e atuam quando o valor medido ultrapassa um valor de ajuste, chamado de *pick-up*.
- Proteção 51 (sobrecorrente temporizada): o relé atua para uma sobrecorrente maior que o valor de ajuste após um tempo escolhido para o relé.
- Proteção 59 (sobretensão): atua quando a tensão monitorada ultrapassa o valor ajustado. Pode ser do tipo instantânea (59I) ou temporizada (59T).
- Função 67 (sobrecorrente direcional): o relé dá *trip* para uma corrente maior que o valor de *pick-up* e em uma direção pré-estabelecida. Existe também a função sobrecorrente de neutro 67N, que é sensibilizada por três vezes a corrente de sequência zero.
- Falha de disjuntor (50BF): o relé atua se o disjuntor não conseguir abrir depois de receber sinal de *trip*.
- Proteção 79 (religamento): executa o fechamento do disjuntor após a abertura para eliminar uma falta.
- Função 25 (sincronismo): essa função verifica as condições de sincronismo para religamento.
- Proteção 21 (proteção de distância): atua quando os valores medidos de impedância, admitância ou reatância atingem valores pré-definidos ou

ajustados no relé. Essas grandezas variam de acordo com o local de ocorrência do curto-circuito na linha. Como essas grandezas são proporcionais ao comprimento da linha, a medição de impedância, por exemplo, indica ao relé uma região aproximada de onde aconteceu a falta. As regiões de atuação da proteção 21 são chamadas de zonas e cada zona é caracterizada por um comprimento e um tempo de atuação. Dada uma linha de transmissão, os valores típicos de alcance e tempo das zonas de proteção adotados pela CHESF são:

- Zona 1: alcance de 80% da linha e temporização instantânea.
- Zona 2: alcance de 120% da linha, isto é, cobre toda a linha mais 20% da linha remota. Temporização de 400 ms.
- Zona 3: alcance de 150% e ajuste de tempo de 800 ms.
- Zona 4: é a zona reversa e deve cobrir a zona 2 do terminal remoto, ou seja, pouco mais de 20% da linha para trás. A temporização usada é de 1 s.

Os relés digitais executam várias ações para cada falta em determinada zona. Têm-se as situações seguintes:

- Falta em zona 1: executa *trip*, parte o religamento, parte o falha de disjuntor, transmite sinal de *carrier* nos canais 1 e 2.
- Falta em zona 2: executa *trip*, parte o falha e transmite no canal 1.
- Falta em zona 3: executa *trip* e parte o falha.
- Falta em zona 4: apenas executa *trip*.

Cada relé apresenta entradas digitais e contatos de saída dos tipos normalmente aberto (NA) e normalmente fechado (NF). Nas entradas digitais são informados estados e posição de disjuntor e seccionadoras, comando de fechamento de disjuntor, comando de religamento, recepção de *carrier* e abertura de minidisjuntor do TP. Cada contato de saída é relacionado às saídas dos diagramas lógicos de proteção (por exemplo, falha de disjuntor, bloqueio de religamento, etc.) por meio de *software* do relé, de forma que esses contatos atuam quando as respectivas saídas lógicas passam para nível lógico um.

2.1 LÓGICAS DE PROTEÇÃO

2.1.1 FALHA DE DISJUNTOR

Após o *trip* pela proteção para abertura do disjuntor, este pode não abrir caso ocorra algum defeito como, por exemplo, falta de tensão CC no circuito do disjuntor. Dessa forma, caso ocorra uma falta e o disjuntor não consiga abrir é preciso isolar a falta por meio de disjuntores adjacentes. De forma geral, quando ocorre uma falha de disjuntor, é enviado sinal de trip para o disjuntor do outro terminal da linha e para os disjuntores adjacentes das outras linhas ligadas à barra. Assim, na ocorrência de uma falha de disjuntor deve-se “limpar” a barra e enviar *transfer trip* (denominação usada para o *trip* enviado por teleproteção para o terminal de linha remoto).

2.1.2 FECHAMENTO SOBRE FALTA (SOTF)

Como o próprio nome indica a lógica de fechamento sobre falta é usada quando ocorre um comando de fechamento do disjuntor sem que a falta tenha sido extinta. Um exemplo típico desse fato é quando se tenta fechar o disjuntor estando a seccionadora de aterramento ainda fechada, sendo que esta foi fechada para manutenção da linha de transmissão. Quando isso ocorre o relé digital deve atuar enviando trip instantâneo e bloqueando o religamento automático, de forma que esse seja habilitado apenas por operação manual após o curto ser eliminado.

2.1.3 MONITORAMENTO DA TENSÃO SECUNDÁRIA DO TP

Os transformadores de instrumentos (TC e TP) têm uma caixa auxiliar instalada nas suas bases metálicas que servem para disponibilizar pontos de conexão com os terminais de seus enrolamentos secundários. Cada caixa é composta por bornes que possibilitam essas conexões, entre os transformadores de instrumentos e equipamentos secundários, como relés de proteção, multimedidores e oscilógrafos. A Figura 1 e a Figura 2 mostram a caixa do TC da linha 04C4 da subestação (SE) Pau Ferro; a Figura 3 mostra a caixa do TP da mesma linha.

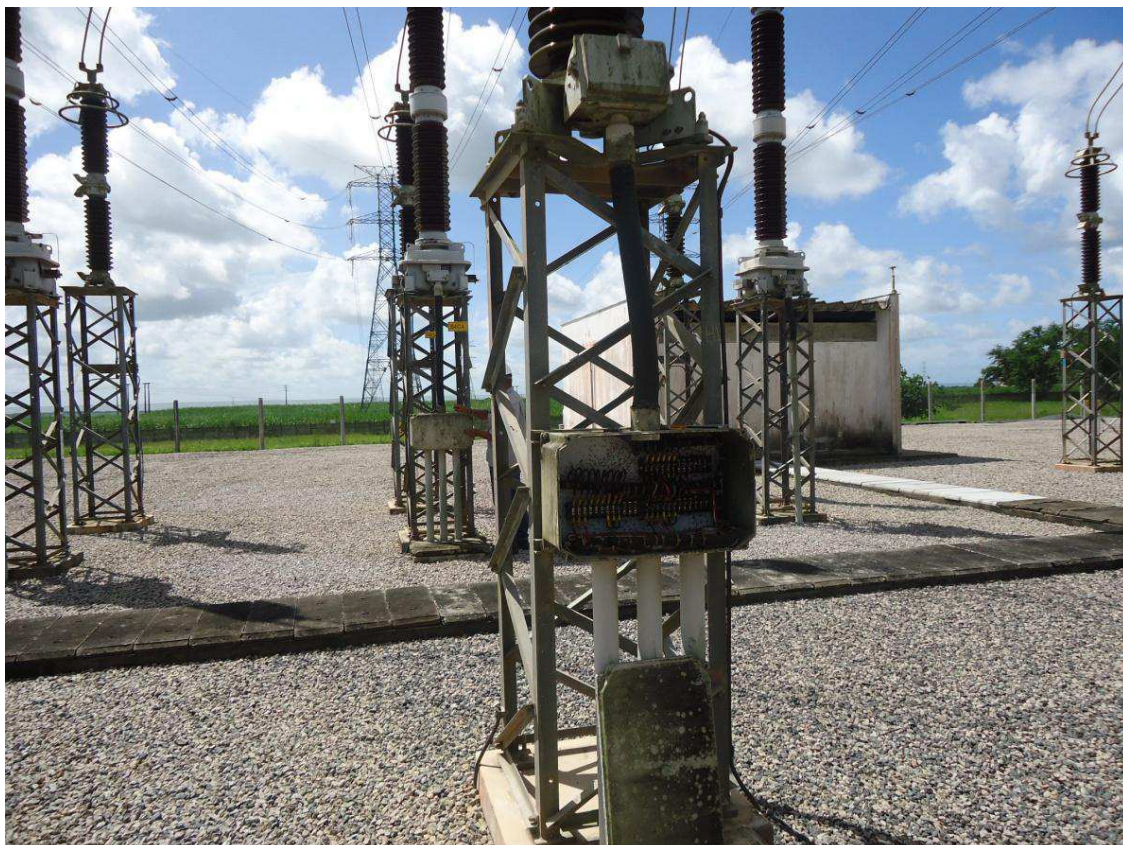


Figura 1. Base e caixa de ligação do TC.

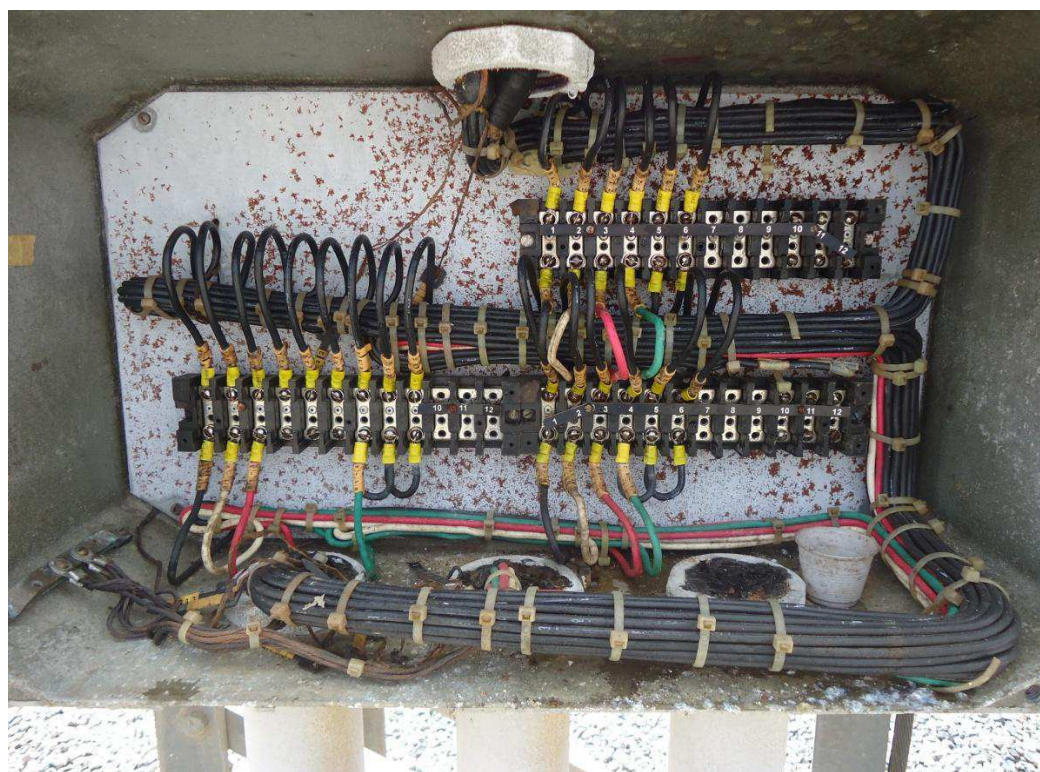


Figura 2. Caixa de ligação do TC.

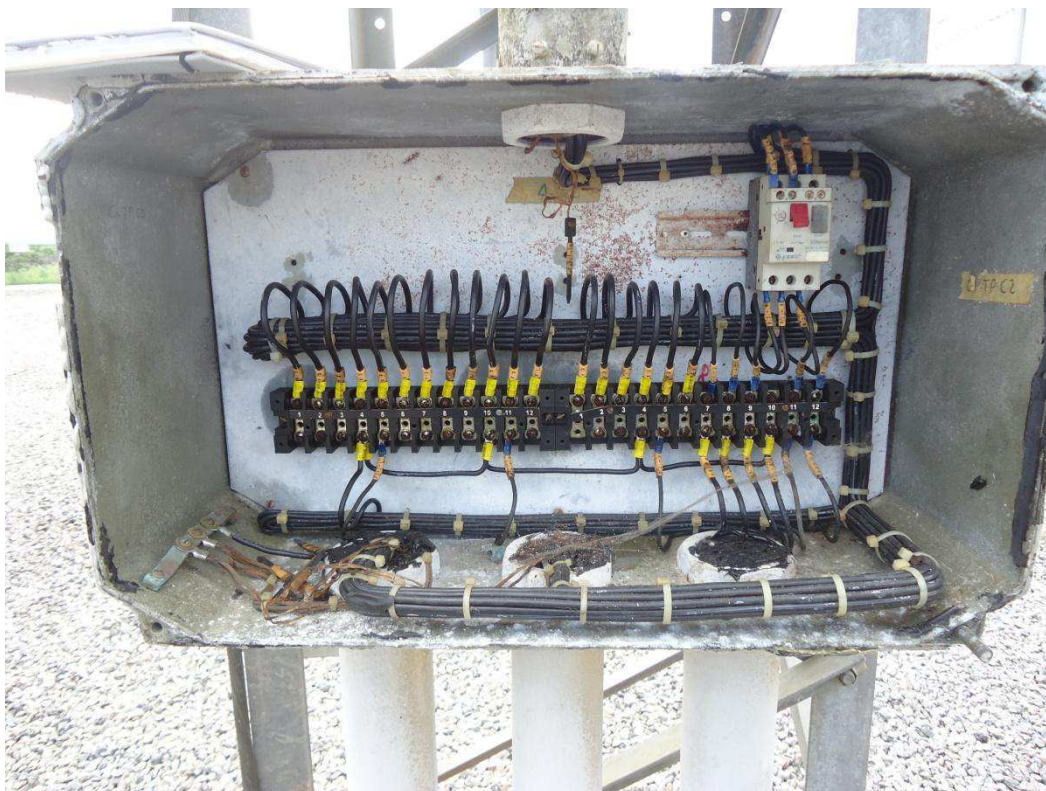


Figura 3. Caixa de ligação do TP.

Na caixa do TP, além dos bornes para interligação, existem minidisjuntores tripolares (com contatos auxiliares NA e NF) para os circuitos alimentados pelo TP. Em instalações mais antigas ainda se utiliza fusível. No caso dos TCs isso não é utilizado, pois a abertura de um minidisjuntor abriria o circuito deixando o secundário do TC em vazio, causando danos graves ao equipamento (sua explosão, por exemplo). Neste caso, utilizam-se blocos de aferição de corrente, que curto-circuitam o secundário do TC quando seus contatos de seccionamento mudam de posição a fim de desfazer momentaneamente a interligação entre o TC e o equipamento ligado ao seu secundário.

No caso da abertura de um minidisjuntor, seja por ação manual ou por defeito no circuito, algumas funções da proteção, como proteção 21 e direcional, podem atuar indevidamente. Isso acontece porque essas proteções são polarizadas por tensão e a perda de potencial em pelo menos uma das fases impossibilitaria o cálculo correto da distância da falta por parte da proteção 21, assim como também causaria erros na detecção da direcionalidade do fluxo de corrente durante um curto pela proteção direcional.

Dessa forma, é necessário que o relé digital consiga perceber que o minidisjuntor do TP foi aberto e, durante uma falta nessas condições, atue da melhor forma possível.

Em geral, a lógica usada para detecção de perda de potencial do TP é implementada da seguinte forma:

- Verifica-se se o disjuntor está fechado. Esta condição é requisito para esta lógica, ou seja, caso o disjuntor esteja aberto, não é possível a lógica de perda de tensão do TP.
- O relé confere se há queda de tensão.
- Verifica-se variação na corrente.
- Se houver queda de tensão e a corrente não variar, então se tem Perda de Tensão do TP. No caso de uma falta a queda de tensão seria acompanhada de um aumento da corrente;
- Bloqueia-se a atuação da proteção 21 e proteções direcionais que sejam polarizadas por tensão (funções de sobrecorrente).

2.1.4 RELIGAMENTO AUTOMÁTICO

A maioria das faltas no sistema elétrico é temporária e se auto-extinguem após a atuação da proteção. Por isso é fundamental o religamento automático, que garante maior continuidade no fornecimento de energia elétrica aos consumidores.

A função de religamento é denominada função 79 de acordo com a tabela *ANSI*. A partida do religamento é feita apenas pela partida de primeira zona da proteção 21 ou pelo recebimento de sinal pela teleproteção de primeira zona. Além disso, durante o comando manual de abertura do disjuntor o religamento deve ser desabilitado. Isto acontece pela ativação da função 86, bloqueio de religamento.

2.1.5 VERIFICAÇÃO DE SINCRONISMO

A função verificação de sincronismo ou checagem de sincronismo é identificada por 25 de acordo com a tabela *ANSI*. Essa função está presente na maioria dos relés digitais da atualidade. A função 25 atua de forma a verificar o momento adequado para o fechamento do disjuntor, seja num religamento automático ou num religamento manual. A checagem de sincronismo é feita pela comparação da amplitude, fase e

frequência das tensões dos dois lados do disjuntor. O religamento só é permitido se essas grandezas forem iguais, de forma a evitar sobretensões e oscilações.

2.2 TELEPROTEÇÃO

A teleproteção é a forma com a qual as unidades de proteção de terminais de linha distintos se comunicam e atuam entre si. Para a teleproteção são necessários os componentes básicos:

- *Carrier*: equipamento responsável por transmitir ou receber sinais de comunicação. É instalado comumente junto ao TP.
- Canais de comunicação: meio onde trafegam os sinais enviados pelos relés. Os canais de comunicação podem ser as próprias linhas de transmissão, cabos de fibra ótica no núcleo dos cabos pára-raios, fio piloto (fios telefônicos ou cabos blindados) ou até mesmo por meio de micro-ondas.
- Bobinas de bloqueio: servem como filtro para selecionar o sinal da teleproteção quando este é enviado por meio da própria linha de transmissão. Nesses casos o sinal enviado pelo *carrier* tem frequência muito maior que a frequência nominal do sistema, estando normalmente na faixa de 20 a 400 kHz.

A teleproteção é mais um artifício para melhorar a seletividade da proteção do sistema. Existem várias lógicas de teleproteção, dentre elas pode-se citar o esquema *DUTT* (*Direct Underreach Transfer Trip*) e o esquema *POTT* (*Permissive Overreach Transfer Trip*). A lógica *DUTT* é feita, basicamente, da seguinte forma:

- Se a proteção de um terminal de linha detectar uma falta em zona 1 (subalcance), atua com trip instantâneo no disjuntor do próprio vão que protege e envia *transfer trip* para o disjuntor do outro terminal da linha através de dois canais do *carrier*. Dessa forma, a atuação em zona 1 com lógica *DUTT* deve abrir os disjuntores dos dois terminais da linha instantaneamente, isolando completamente o defeito.

A lógica *POTT* é feita assim:

- Se a proteção de um terminal for sensibilizada para uma falta em zona 2, ela deve atuar, após sua temporização de cerca de 400ms, com trip no disjuntor do seu vão e enviar *transfer trip* através de apenas um dos canais do carrier. Mas no terminal remoto só haverá abertura do disjuntor se sua proteção também detectar falta em zona 2, ou seja, a abertura do disjuntor remoto é condicionada e depende de um sinal permissivo.

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Durante o programa de estágio foram desenvolvidas várias tarefas em etapas distintas, sendo essas:

- i. Inspeção de painéis de proteção;
- ii. Acompanhamento de Teste de Aceitação de Fábrica (TAF) de painéis de proteção;
- iii. Auxílio e elaboração de projetos elétricos de execução do *retrofit* de linhas de 230 kV.

A seguir são descritas cada uma dessas atividades.

3.1 INSPEÇÃO DE PAINÉIS DE PROTEÇÃO

Os sistemas de proteção são constituídos por vários equipamentos e componentes da subestação interligados, dentre eles relés principais, disjuntores, seccionadoras, transformadores de potencial e de corrente, *carrier*, bobinas de bloqueio, etc. Além da proteção existe também a sinalização de eventos local ou remota, de modo que a atuação dos relés digitais pode ser sinalizada em painéis mostradores conhecidos como anunciadores instalados na sala de comanda da SE, dentre outros circuitos de sinalização e alarmes interligados.

As linhas de transmissão pertencentes ao *retrofit* passaram a ter configuração de proteção principal mais proteção alternada, onde cada terminal de linha é monitorado por dois relés digitais idênticos e independentes. Essa configuração garante redundância e dar maior confiabilidade ao sistema. Os relés digitais são instalados em painéis metálicos juntamente com relés auxiliares que servem para multiplicar os contatos dos relés digitais ou para enviar informações de outros equipamentos para as entradas digitais dos relés principais. Além dos relés, os painéis podem comportar também módulo de comunicação para circuitos de supervisão, conhecido como Terminal Server. Cada painel apresenta vários circuitos de tensão contínua (125 Vcc ou 250 Vcc, dependendo da SE) independentes protegidos por disjuntores do tipo *quick-lag*, por

diodos e supressores de surto. Nas partes laterais dos painéis são instaladas réguas de bornes que servem para alimentação do chassi e para fiação e interligação com o restante do sistema de proteção, supervisão e sinalização da linha. A Figura 4 mostra a parte frontal de um painel de proteção e a Figura 5 a parte traseira.



Figura 4. Parte frontal de um painel de proteção.



Figura 5. Parte traseira de um painel de proteção.

Os painéis de proteção passam por testes de validação antes de sua instalação na subestação. Os testes são:

- i. Inspeção técnica.
- ii. TAF.

Durante a inspeção técnica são realizados os seguintes testes:

- i. Conferência das plaquetas internas e externas de identificação dos componentes assegurando mesmas dimensões, nomes e formatos conforme projeto de fiação. A Figura 6 mostra o layout de um dos painéis de proteção que foi feita inspeção durante o estágio.

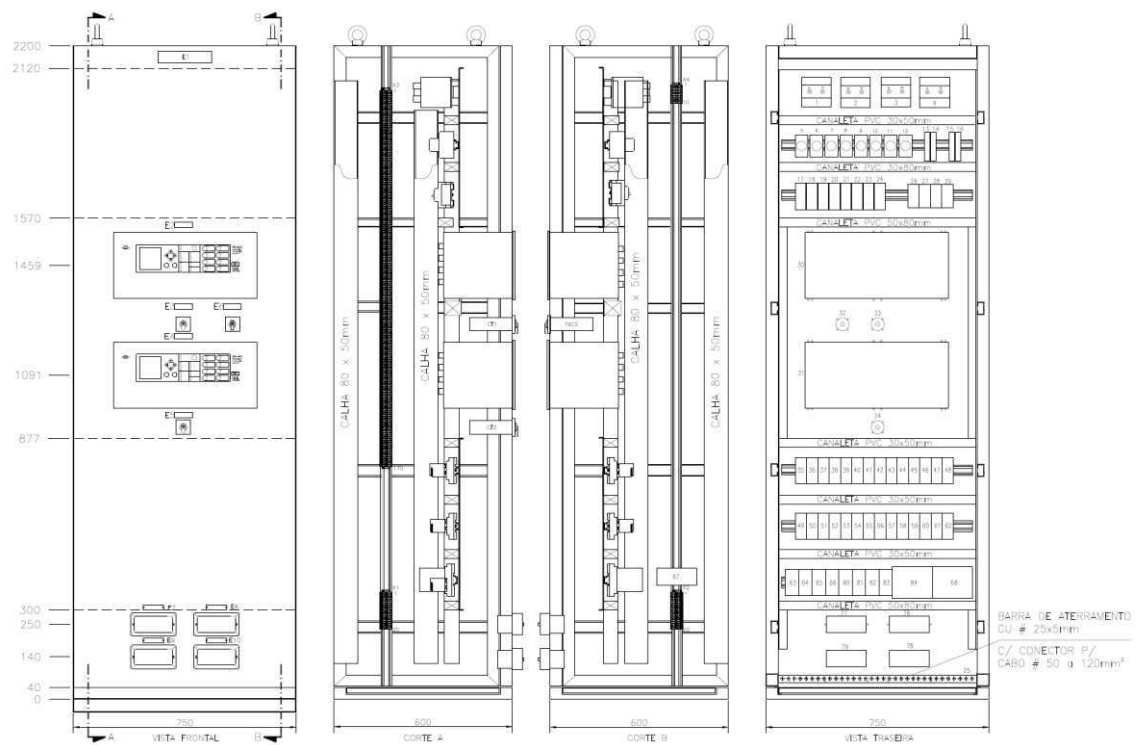




Figura 6. Layout de um painel de proteção

- ii. Conferencia da lista de material: observar se a lista de material presente no final do caderno de fiação contém todos os componentes usados no chassi e se estão corretamente especificados. A Figura 7 mostra a lista de materiais do projeto de fiação do painel CP2 da SE Juazeiro Dois.

ITEM	QTD	DESCRIÇÃO	ITEM	QTD	DESCRIÇÃO	ITEM	QTD	DESCRIÇÃO	ITEM	QTD	DESCRIÇÃO
01	01	RELE DE PROTEÇÃO DE DISTÂNCIA TIPO: SEL 421 1 MÓDULO DE ENTRADA PARA 6TCs e 6TPs 23 ENTRADAS DIGITAS 38 SAÍDAS DIGITAS ALIMENTAÇÃO / 125Vcc FABRICANTE: SEL ID FUNCIONAL: UP1	10	02	RELE AUXILIAR RÁPIDO EXTRAVEL FIXAÇÃO EM TRILHO COM 03 CONTATOS NA E 01 CONTATO REVERSÍVEL BA TIPO: RR-24 BOBINA: 125Vcc FABRICANTE: RINDER ID FUNCIONAL: 85RC1 E 85RC2						
02	01	RELE DE PROTEÇÃO DE DISTÂNCIA TIPO: SEL 421 1 MÓDULO DE ENTRADA PARA 6TCs e 6TPs 23 ENTRADAS DIGITAS 38 SAÍDAS DIGITAS ALIMENTAÇÃO / 125Vcc FABRICANTE: SEL ID FUNCIONAL: UP2	11	36	RELE AUXILIAR + BASE DE FIXAÇÃO SÉRIE 90 COM 03 CONTATOS REVERSÍVEIS TIPO: 60.13.9.125.0040 BOBINA: 125Vcc FABRICANTE: RINDER ID FUNCIONAL: 271A, 271B, 272A, 272B, 21X1A, 21X1B, 21X1C, DUT1, 21X2A, 21X2B, 21X2C, DUT2, SOTFX, 67NX, 59X, 79X, 21X, 22X, 23X, 24X, FTPTCX, WDX, 52CSX, 63X1, 63X2, 79X1, 79X2, 796X, 68X, 52X, 693/1X, 894/2X, 85TC1, 85TC2, DUT1, DUT2.						
03	02	CHAVE DE AFERÇÃO DE EMBUTIR TIPO: KEY-E-082 10 PÓLOS DE CORRENTE FABRICANTE: KONECTY ID FUNCIONAL: BC1, BC2	12	04	RELE AUXILIAR + BASE DE FIXAÇÃO SÉRIE 96 COM 04 CONTATOS REVERSÍVEIS TIPO: 56.34.9.125.0040 BOBINA: 125Vcc FABRICANTE: RINDER ID FUNCIONAL: 94X1, 94X2, 62BFX, 62BFX1,						
04	02	CHAVE DE AFERÇÃO DE EMBUTIR TIPO: KEY-E-085 10 PÓLOS DE TENSÃO FABRICANTE: KONECTY ID FUNCIONAL: BP1, BP2	14	02	RELE BISTÁVEL DE 8 CONTATOS REVERSÍVEL TIPO: RM8E12, 125Vcc FABRICANTE: ICR ID FUNCIONAL: 43TX1, 86						
05	03	CHAVE SELETORA 02 POSIÇÕES, COM 08 CONTATOS 02 CONTATOS NA POS. 1 08 CONTATOS NA POS. 2 TIPO: CSB-(PROGRAMAÇÃO)-E FABRICANTE: KRAUS & NAIMER ID FUNCIONAL: CT1, CT2, 79CS	15	200	BORNE UNIVERSAL PARA CABO ATÉ 6mm E ACESSÓRIOS TIPO: UN8H 30 04 S2 4 FABRICANTE: PHENIX CONTACT ID FUNCIONAL: X3-1 a X3-200						
06	04	MÓDULO SUPRESSOR DE SURTOS MONOFÁSICO E BASE DE MONTAGEM DO MÓDULO TIPO: ALIMENTAÇÃO: 125Vcc FABRICANTE: RINDER ID FUNCIONAL: SS1(+), SS1(-), SS2(+), SS2(-)	16	50	BORNE UNIVERSAL PARA TERMINAL OLHAL ATÉ 6mm E ACESSÓRIOS TIPO: OTH 08 07 09 433 FABRICANTE: PHENIX CONTACT ID FUNCIONAL: X1-1 a X1-20, X2-1 a X2-20, X4-1 a X4-10, XA-1 a XA-6						
07	04	PONTE DE DIODO TIPO: SBR 70/16 CORRENTE NOMINAL 150A TENSÃO MÁXIMA REVERSA: 1600V FABRICANTE: SEMIKRON ID FUNCIONAL: (DD1,DD2,DD3,DD4.)	17	01	BARRA DE COBRE DE 1" x 1/4" DE COBRE NO ELETROLÍTICO ID FUNCIONAL: BT						
08	08	FUSÍVEL RETARDADO, DIAZED, 25A ACIONADA POR FIO SIMPLES, PARAFUSO DE AJUSTE FIXAÇÃO RÁPIDA EM TRILHO DIN TIPO: FABRICANTE: SEMENS ID FUNCIONAL: FU1P, FU1N, FU2P, FU2N FU3P, FU3N, FU4P, FU4N	18	02	TERMINAL SERVER TIPO: TS-5014 FABRICANTE: ECIL ID FUNCIONAL: TSX						
09	08	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR, 10A PARA CORRENTE CONTÍNUA TIPO: C60H+2135 FABRICANTE: SCHNEIDER ID FUNCIONAL: 72-2, 72-3, 72-4, 72-5, 72-6, 72-7, 72-8,72-1	19	01	RELE DE BLOQUEIO 86 (RELOCADO DO CP2 ANTIGO)						

NOTAS :

VÃO E - LT SOBRADINHO 1 - 04S1
CHASSI DE PROTEÇÃO CP2
LISTA DE MATERIAL

SE JUAZEIRO II - 230/69kV
DES. Nº JZD-4-E-32 FOLHA 21 DE 0

Figura 7. Lista de materiais de um chassi de proteção.

- iii. Conferência de anilhas: anilhas são pequenas plaquetas inseridas no interior de luvas de cristal colocadas nos terminais dos fios, de forma a informar a localização da outra extremidade do fio. Dessa forma, são conferidas se todas as anilhas estão escritas corretamente conforme endereço ao qual remetem e se estão faltando anilhas. A Figura 8 é parte do caderno de fiação do painel CP2 (chassi de proteção dois) e representa parte das régua de bornes e suas fiações com endereçamentos cruzados.

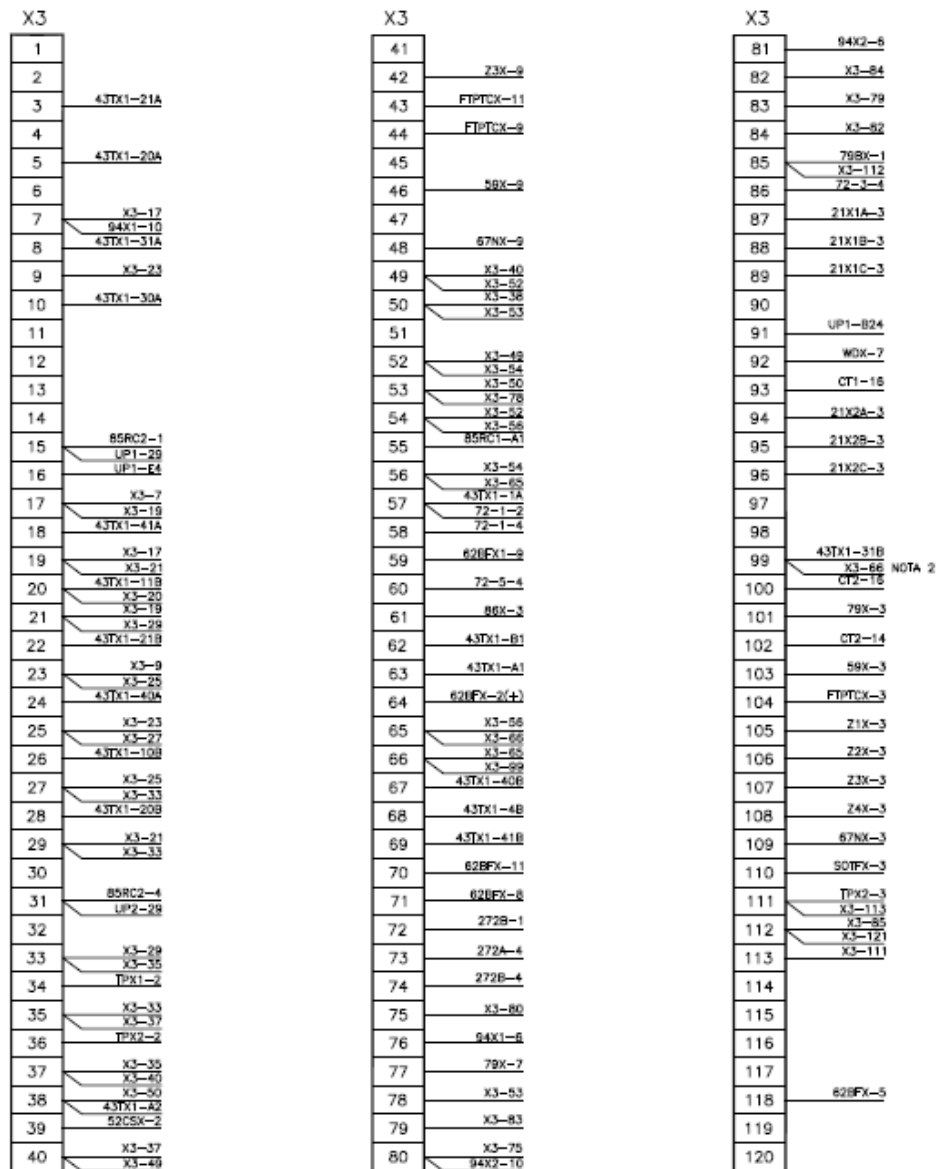


Figura 8. Régua de bornes com fiação.

- iv. Teste de aderência da pintura: esse teste é feito para verificar a resistência da pintura do painel, pois ela não deve descolar com facilidade, já que o revestimento é importante para evitar efeitos de oxidação da parte metálica. O procedimento usado no teste é a utilização de uma fita adesiva de grande aderência colada no painel e removida de forma brusca. Para aprovação, a tinta do painel não deve largar.
- v. Teste de espessura da tinta: avalia a espessura da tinta que reveste todo o chassi. É feito com um aparelho que mede a espessura de camada de tinta sobre uma superfície metálica. A espessura esperada é de no mínimo 60 μm .

- vi. Tensão Aplicada: esse teste tem como objetivo medir a corrente de fuga do chassi para a terra. Essa corrente deve ser pequena devido à isolação dos componentes do painel e, assim, evita choques elétricos no caso de contato com as partes metálicas. Para realização do teste, primeiramente são desconectadas todas as partes da fiação ligadas à barra de terra do chassi e efetua-se um jumper entre todos os bornes de régua; em seguida, conecta-se uma fonte de tensão alternada (mostrada na Figura 9) entre os bornes e a terra. A fonte de tensão é ajustada para aplicar 2,5 kV durante um minuto. O aparelho mede uma corrente de fuga para a terra e essa, pelos critérios da Chesf, deve ser menor do que 2,5 mA para que o painel seja aprovado nesse teste.



Figura 9. Fonte de tensão usada no teste de tensão aplicada.

- vii. Teste da resistência de isolamento: esse teste visa medir a resistência de isolamento equivalente de todos os componentes do painel. O teste é feito com um megômetro conectado entre os bornes jumpeados e a barra de terra, da mesma forma que o teste de tensão aplicada. O teste também

tem duração de um minuto. A resistência de isolamento dos componentes do painel deve estar entre 50 e 80 M Ω .

- viii. Teste de continuidade da fiação: tem o objetivo de verificar se toda a fiação foi executada corretamente conforme projeto de fiação. O ensaio é realizado por meio de um medidor de continuidade nos diversos pontos do painel percorridos conforme diagrama de fiação.
- ix. Testes funcionais dos circuitos DC: primeiro são verificados os circuitos de potencial existentes por meio de um voltímetro percorrendo todos os pontos de cada circuito; os circuitos testados devem estar conforme diagramas de potenciais mostrados no caderno funcional do projeto. Outro teste funcional é a verificação do funcionamento das bobinas dos relés auxiliares através da injeção de potencial em bornes ligados aos terminais das bobinas. Nesses casos deve-se verificar o acionamento dos contatos auxiliares dos relés. Para os relés auxiliares ligados às saídas digitais dos relés principais, o teste de funcionamento é feito por meio de um pulso de tensão aplicado pelo relé digital através de seus contatos de saída por meio de um comando efetuado em um de seus botões frontais. Também é feito um teste para confirmação de recebimento de sinal de tensão por meio das entradas digitais dos relés principais; isso é feito forçando a atuação dos relés auxiliares que atuam nas entradas digitais, por meio de tensão direta nas suas bobinas ou pressionando as “linguetas” das bobinas, de forma que o recebimento de tensão nas entradas digitais pode ser visualizado no display frontal do relé digital.

Após aprovação em todos os testes de inspeção, os painéis são liberados para o teste de aceitação de fábrica (TAF).

3.2 TESTE DE ACEITAÇÃO DE FÁBRICA (TAF)

O TAF tem em comum com a inspeção técnica os testes funcionais dos circuitos DC, a conferência de plaquetas e anilhas e testes de continuidade da fiação. Além disso, são feitos os ensaios das lógicas de proteção e teleproteção implementadas pelos relés digitais.

Para realização dos testes de lógica de proteção são usados dois equipamentos: a GIGA e a mala de testes OMICRON. A GIGA é um dispositivo que simula o estado ou posição das chaves seccionadoras e dos disjuntores da subestação e é conectada ao painel de proteção para realização dos testes de proteção como se o chassi estivesse conectado ao sistema real da SE. Ela é formada por *leds* que sinalizam o estado dos pólos do disjuntor, abertos ou fechados, e por chaves que permitem simular várias situações, como por exemplo, comando de abertura manual do disjuntor, baixa pressão de SF6, seccionadoras abertas ou fechadas, etc. A Figura 10 mostra uma das GIGAS pertencentes à INTEREST que foi usada em TAF.



Figura 10. Giga de testes.

A mala de testes OMICRON é basicamente uma fonte de tensão e corrente que serve para representar os sinais vindos do TP e TC e pode ser ajustada para simular diversos tipos de faltas e visualizar a atuação da proteção. A lógica para atuação dos relés digitais de acordo com o projeto elétrico é inserida nos relés por meio de *software* específico fornecido por cada fabricante do relé. Assim, com o conjunto GIGA e mala de testes OMICRON é possível simular diversas situações reais de faltas e verificar a funcionalidades dos esquemas lógicos de proteção e teleproteção. A Figura 11 mostra a OMICRON usada nos TAFs.



Figura 11. Mala de testes OMICRON.

Os testes de aceitação de fábrica realizados foram feitos em laboratório da Chesf no Recife juntamente com engenheiros e técnicos da Chesf. O acompanhamento de TAF foi realizado no início do estágio e, por isso, a participação efetiva se restringiu aos testes elétricos dos painéis bem como à montagem dos equipamentos necessários para o TAF, como a GIGA de testes e a mala de testes OMICRON, sendo que os testes de lógica dos relés digitais foram observados atentamente e sempre que surgiam dúvidas ou questionamentos, esses eram explicados pacientemente. Assim, os testes de lógica de proteção foram feitos por engenheiros da INTEREST com participação do corpo técnico da Chesf.

3.3 PROJETOS ELÉTRICOS DE LINHAS DE 230KV DO *RETROFIT*

O trabalho do *retrofit* de proteções de linha de subestações da Chesf feito pela INTEREST é subdividido em duas equipes de projeto, sendo uma equipe responsável pelos projetos de linhas de 500 kV e outra pelas linhas de 230 kV. Durante o estágio foram desenvolvidos trabalhos de projeto elétrico na equipe do setor de 230 kV.

Os projetos elétricos de um terminal de linha correspondem a projetos de Medição, Proteção, Controle, Comando e Supervisão (MPCCS) sendo que os projetos do *retrofit* se restringem à substituição da proteção. Mas a substituição da proteção tem implicações em circuitos de controle, de supervisão, de intertravamentos e comandos.

Os projetos elétricos de cada terminal de linha são divididos em partes chamadas de cadernos. Os cadernos típicos são:

- Diagrama funcional: é a principal parte do projeto, pois contém toda a estrutura da proteção da linha com os diversos componentes e equipamentos interligados e as filosofias de proteção empregadas, assim como também mostra os diagramas lógicos de proteção e teleproteção;
- Diagrama de fiação: mostra como os componentes de um painel estão conectados entre si;
- Diagrama de interligação: mostra como componentes do sistema de proteção estão interligados, entre eles painéis de proteção, painéis de relés auxiliares para sinalização, painéis de comando, disjuntores, seccionadoras, etc.

A seguir são descritos com mais detalhes cada um desses cadernos e quais deles foram trabalhados durante o período de estágio.

3.3.1 DIAGRAMA FUNCIONAL

O caderno funcional é formado tipicamente por:

- Diagrama unifilar do vão da linha mostrando TC, TP, disjuntor, seccionadoras, bobinas de bloqueio e painéis de proteção, medição e oscilografia.
- Diagrama trifilar do vão da linha, mostrando os mesmos componentes do diagrama unifilar, mas de forma mais detalhada.
- Entradas analógicas dos relés digitais.
- Diagrama unifilar ou trifilar da ligação com o TP de barra usado para sincronismo.
- Distribuição de potenciais: costuma-se separar circuitos para cada finalidade. Por exemplo, se tem um circuito de potencial que alimenta os contatos de relés auxiliares que estão ligados às entradas digitais do relé principal e outro circuito que alimenta os contatos dos mesmos relés auxiliares, mas que tem função de sinalização remota. Dessa forma, uma distribuição de potencial, positiva ou negativa, mostra pontos que estão fiados e pertencem ao mesmo circuito de potencial. A Figura 12 mostra

a distribuição do potencial chamado de +S da linha 04M1 da SE Recife II.

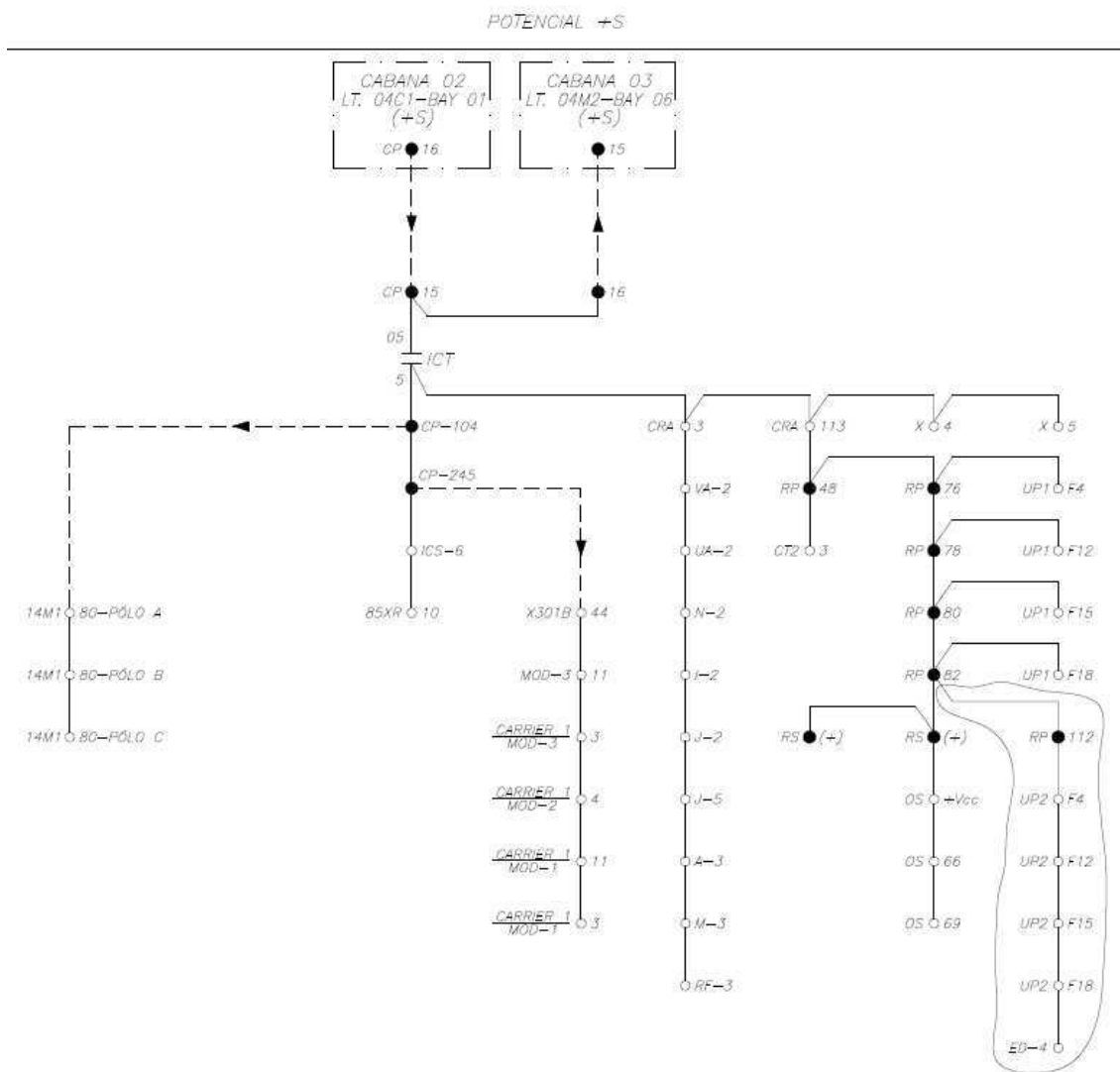


Figura 12. Distribuição de potencial

- Entradas digitais dos relés de proteção: mostram as entradas digitais com os contatos de relés auxiliares ligados à elas e as descrições de cada informação inserida nas entradas digitais. A Figura 13 representa as entradas digitais do relé SEL 421 usado no *retrofit* da linha 04C1 da SE Bongi.

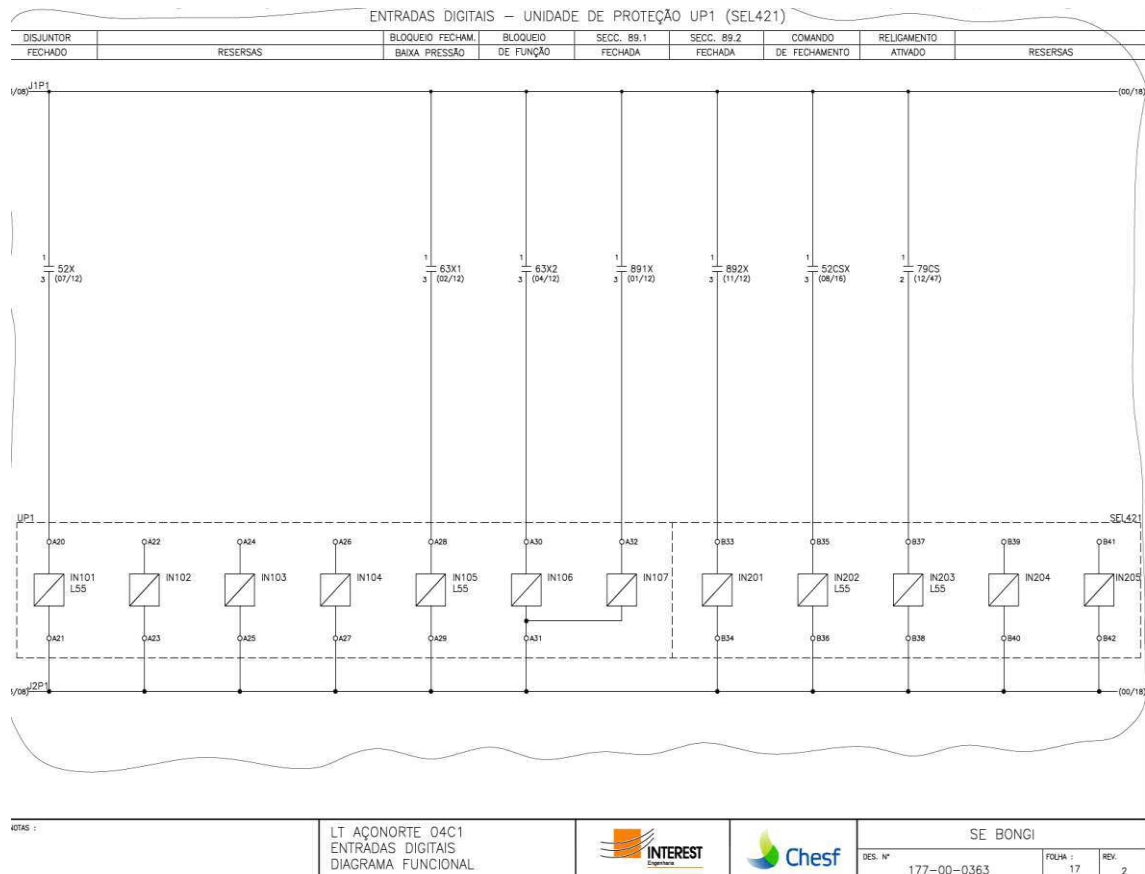


Figura 13. Entradas digitais do relé SEL 421.

- Saídas digitais: é mostrado um diagrama representativo dos contatos de saída dos relés principais bem como as bobinas dos relés auxiliares que são conectadas às saídas digitais. Também são descritas cada uma das saídas digitais de acordo com suas funções de proteção. A Figura 14 representa as saídas digitais da proteção principal da linha 04C1 da SE Bongi.

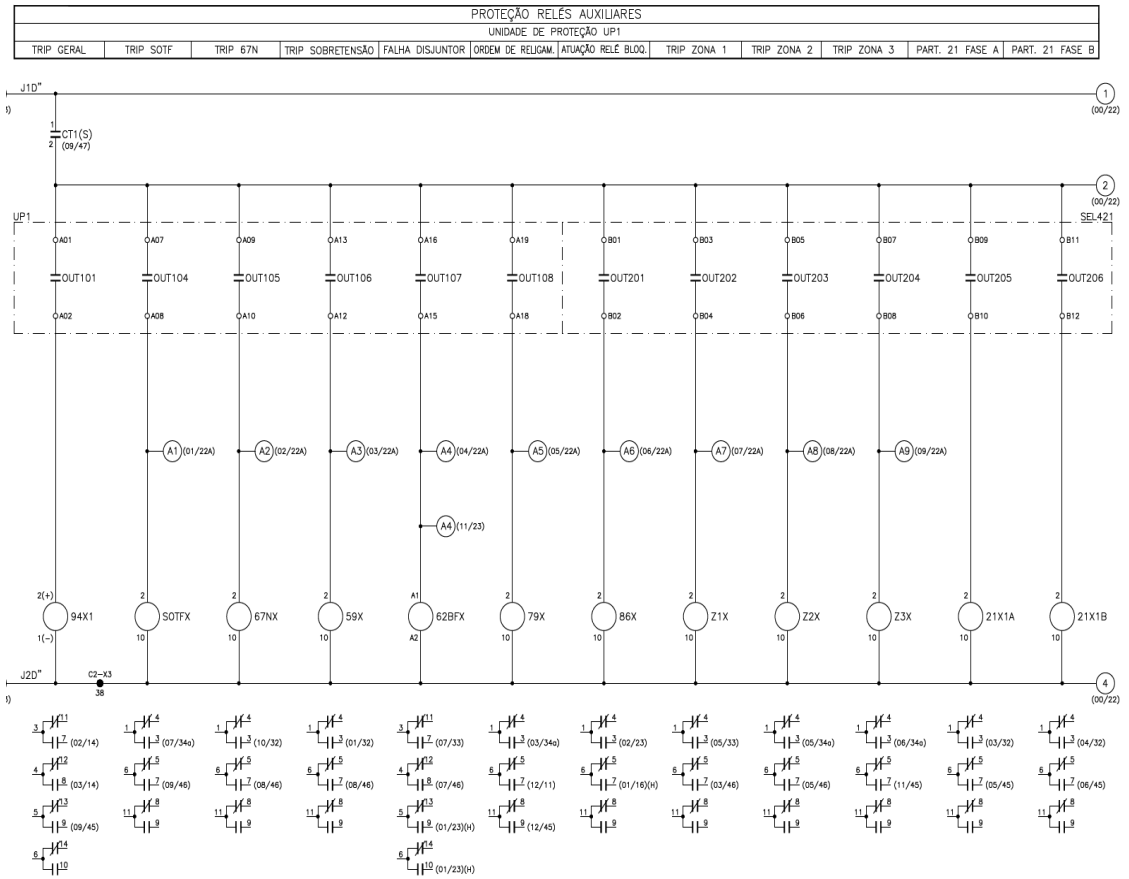


Figura 14. Saídas digitais do relé SEL 421.

- Transmissão do *Carrier*: mostra as saídas dos relés digitais que atuam para ativar a transmissão de sinal de teleproteção pelo Carrier.
- Recepção do *Carrier*: mostra os relés auxiliares que são interligados com os contatos do *Carrier* que sinalizam o recebimento de sinais de teleproteção.
- Representação do relé de bloqueio: é mostrado o relé do tipo biestável usado para o relé de bloqueio, que é usado para bloquear diretamente o religamento do disjuntor. Por ser um relé biestável, o relé de bloqueio só é desarmado após ação de um operador por meio de uma botoeira que energiza um relé auxiliar que fecha um contato que energiza a bobina de rearme do relé de bloqueio.
- Relés auxiliares para transferência de proteções. Dependendo da configuração de barramento da SE, durante eventos de manobra para transferência da linha, a proteção pode atuar em determinados disjuntores de forma a garantir a proteção da linha em todos os instantes das manobras. No caso da configuração barra simples mais barra de

transferência, por exemplo, durante as manobras para alocação da linha para o disjuntor do vão de transferência, em um determinado momento os dois disjuntores ficam em paralelo e, dessa forma, é preciso que a proteção atue em ambos. Já no caso da configuração barra dupla, os dois disjuntores ficam em série durante as manobras e, assim, a proteção só precisa atuar em um dos disjuntores. A transferência de proteção é feita por comutação de contatos de relés auxiliares que, de forma geral, selecionam potenciais e circuitos do vão da linha ou do outro *bay*.

- Circuito de comando de fechamento do disjuntor: apresenta os pontos de alimentação do circuito de fechamento do disjuntor, bem como contatos de relés auxiliares de diversos circuitos usados para intertravamento e acionamento do equipamento.
- Circuito de comando de abertura do disjuntor: mostra os pontos de alimentação do circuito de abertura do equipamento, assim como contatos de relés auxiliares de vários circuitos usados para intertravamento e comando de abertura do disjuntor. Os disjuntores geralmente apresentam dois circuitos de abertura que são acionados independentemente para que haja redundância, a fim de garantir maior confiabilidade.
- Relés auxiliares de intertravamento: essa parte do funcional mostra os relés auxiliares que recebem informação de estado ou posição do disjuntor e das seccionadoras e que são usados para diversas finalidades ao longo do caderno funcional, sendo que uma dessas funções é garantir a segurança durante manobras na SE por meio de circuitos de intertravamento. Por meio dos contatos desses relés é feito um circuito que não permite a abertura de seccionadoras isoladoras do disjuntor enquanto este estiver fechado, ou seja, não permite a abertura de chaves seccionadoras em carga.
- Sinalização: apresenta relés auxiliares usados para sinalizar eventos da proteção ou dos equipamentos em diversos pontos na SE, como na sala de comando, por exemplo.
- Entradas digitais do oscilógrafo: o oscilógrafo é um aparelho usado para registrar eventos, como por exemplo, *trip*, falha de disjuntor,

transmissão de Carrier, posição do disjuntor, etc.. Assim, em suas entradas digitais são conectados contatos relacionados a cada tipo de informação que deve ser supervisionada.

- Inscricões do anunciador: o anunciador é um quadro usado para sinalização de eventos no painel de comando instalado na sala de comando e serve para informar e alertar os operadores;
- Circuito dc interno do disjuntor e seccionadoras.
- Diagramas lógicos implementados pelos relés digitais de acordo com as funções de proteção usadas para a linha. A representação dos diagramas lógicos pode variar dependendo do fabricante do relé e também pode mudar de acordo com cada subestação.

A elaboração dos cadernos funcionais do *retrofit* é feita a partir dos cadernos existentes fornecidos pela Chesf, cabendo ao projetista substituir a cadeia de proteção principal por dois relés digitais (proteção principal e alternada) e fazer as devidas modificações nos circuitos ligados à proteção, como TP, TC, sinalização, oscilografia, etc..

Durante a participação na equipe de projetos, foi feita a verificação de funcionais com relação à fiação das linhas:

- 04M1 da SE Recife II: substituição da proteção P442 e P441 (Alstom) por P442 e P442 (Alstom).
- 04M1 da SE Ribeirão: substituição da proteção 7SL32 (Siemens) por P442 e P442 (Alstom). A Figura 15 mostra a parte frontal do painel de proteção da cadeia 7SL32 da SE RIB.
- 04C1 da SE Bongi: substituição da proteção THR (Reyrolle) por dois relés SEL421 (Schweitzer).



Figura 15. Painel CP2 da proteção 7SL32 da linha 04S1 da SE RIB.

Essas verificações foram feitas conferindo se todas as modificações de fiações presentes no funcional estavam presentes nos cadernos de fiação modificados. Na parte final do período de estágio foi elaborado por completo o caderno funcional da linha Sobradinho 1 - 04S1 da SE Juazeiro II, onde houve substituição da cadeia de proteção THR (Reyrolle) por dois relés SEL 421 (Schweitzer).

3.3.2 DIAGRAMA DE FIAÇÃO

Cada painel do sistema de proteção, supervisão e controle tem um projeto de fiação ou caderno de fiação, que mostra como todos os componentes internos estão conectados entre si. As fiações são projetadas de acordo com às ligações mostradas no diagrama funcional. Os painéis de proteção são formados basicamente por diodos, minidisjuntores, supressores de surto, fusíveis, relés digitais, relés auxiliares, e régua de bornes. Devido ao *retrofit* diversos painéis têm suas fiações modificadas.

Foram feitas as fiações ou modificações de fiação dos projetos das linhas:

- 04C4 da SE Pau Ferro: modificações de fiação do painel de proteção 4UA2L.
- 04M1 da SE RCD: modificações de fiação do armário de proteção do tipo COGELEX.
- 04M1 da SE RIB: fiação do painel de proteção CP2, modificações de fiação do painel de relés auxiliares CP3, do chassi do oscilógrafo CP1 e do painel do vão de transferência CP9.
- 04C1 da SE BGI: fiação do painel de proteção CP2, modificações de fiação do painel de relés auxiliares CP3, do chassi do oscilógrafo CP1 e do painel do vão de transferência CP9.
- 04S1 da SE JZD: fiação do chassi de proteção CP2, modificações de fiação do painel de relés auxiliares CP3, do chassi do oscilógrafo CP1, do painel de comando PC2 e do painel do vão de transferência CP9.

Para elaboração dos cadernos de fiação ou modificações de fiação foram utilizados os cadernos originais fornecidos pela Chesf ou diagramas típicos de fiação, fazendo as modificações necessárias devido a troca da proteção de acordo com o diagrama funcional. A Figura 16 mostra uma página do caderno de fiação do painel CP2 da linha 04S1 da SE Juazeiro II, onde são mostrados relés auxiliares.

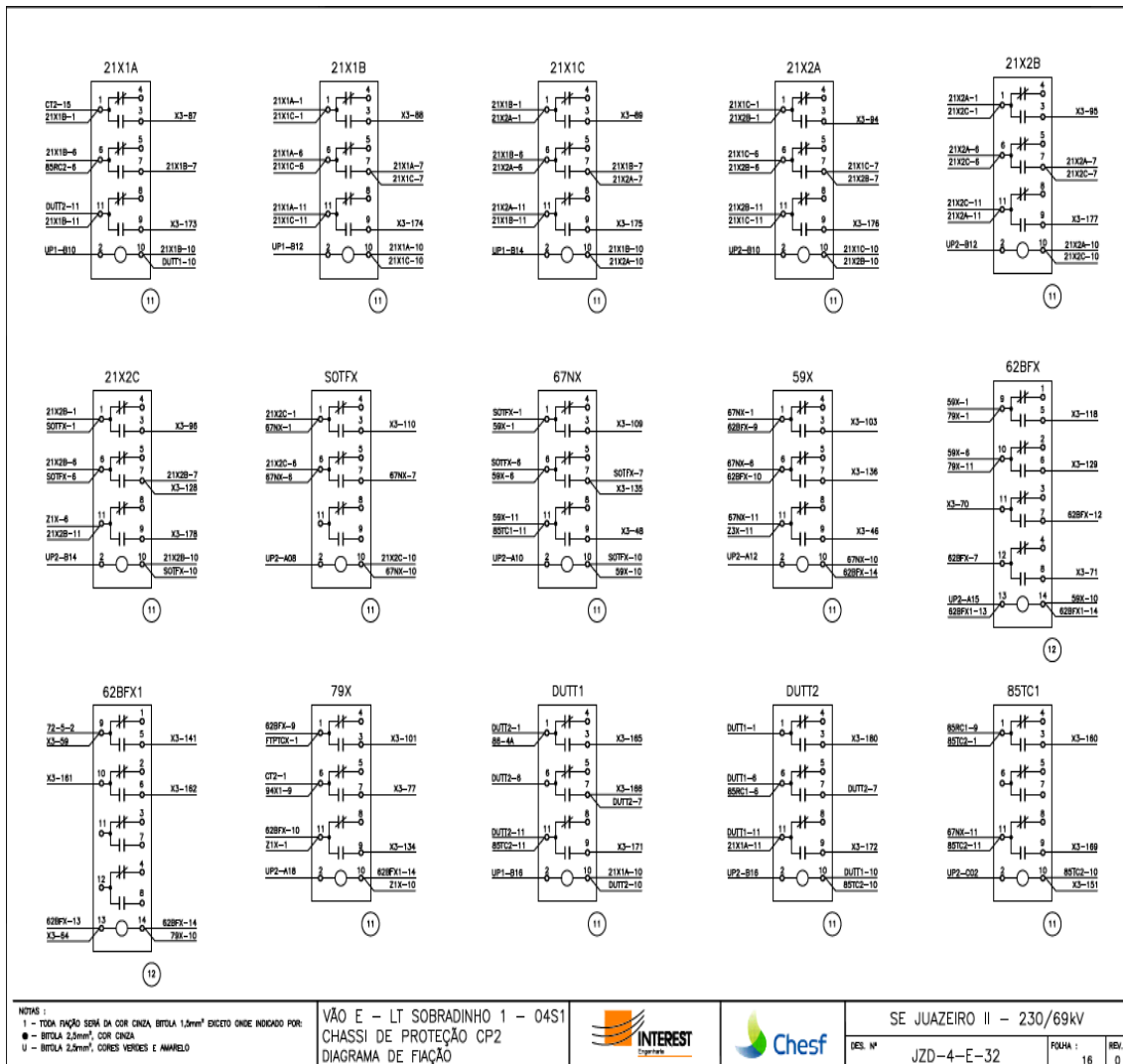


Figura 16. Fiação de relés auxiliares.

3.3.3 DIAGRAMA DE INTERLIGAÇÃO

O caderno de interligação mostra como estão conectados todos os equipamentos (disjuntor, TC, TP, seccionadoras, Carrier) e painéis (painel de proteção, do oscilógrafo, de comando, de sinalização) envolvidos na proteção de um terminal de linha de acordo com o mostrado no caderno funcional. No decorrer do estágio foi feita a verificação da interligação da linha 04C4 da SE Bongi e da 04S1 da SE Juazeiro II. A Figura 17 mostra uma parte do caderno de interligação da linha 04S1 da SE JZD, onde é representada a interligação da caixa de ligação do TC com a medição operacional no painel CP1 e com o painel de proteção CP2. Na Figura 18 é mostrado o outro lado do cabo proveniente da caixa de ligação do TC conectado ao painel de proteção, entre outros cabos interligados. A verificação das interligações é feita comparando as ligações

feitas no caderno de interligação com as conexões de interligação mostradas no funcional.

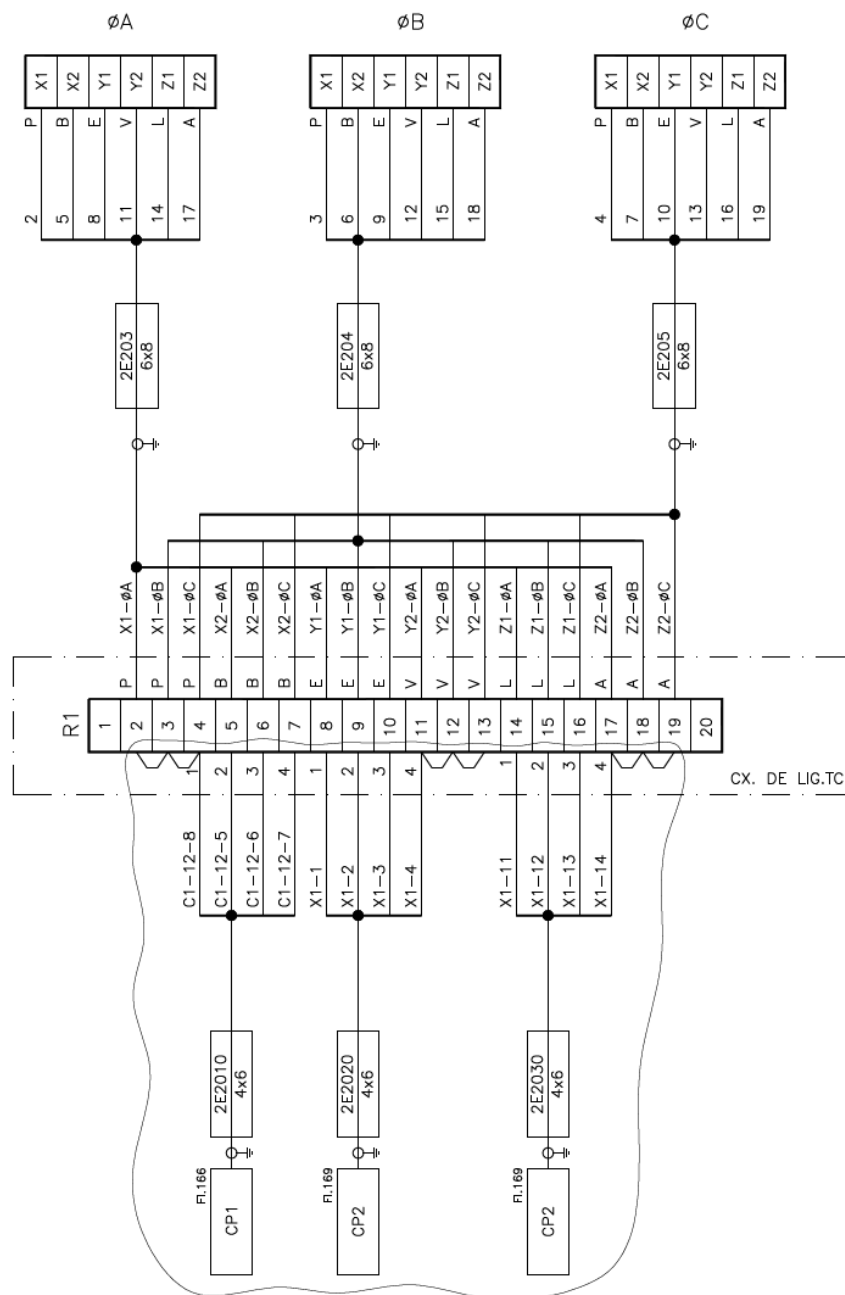


Figura 17. Interligação do TC da LT 04S1 - SE JZD.

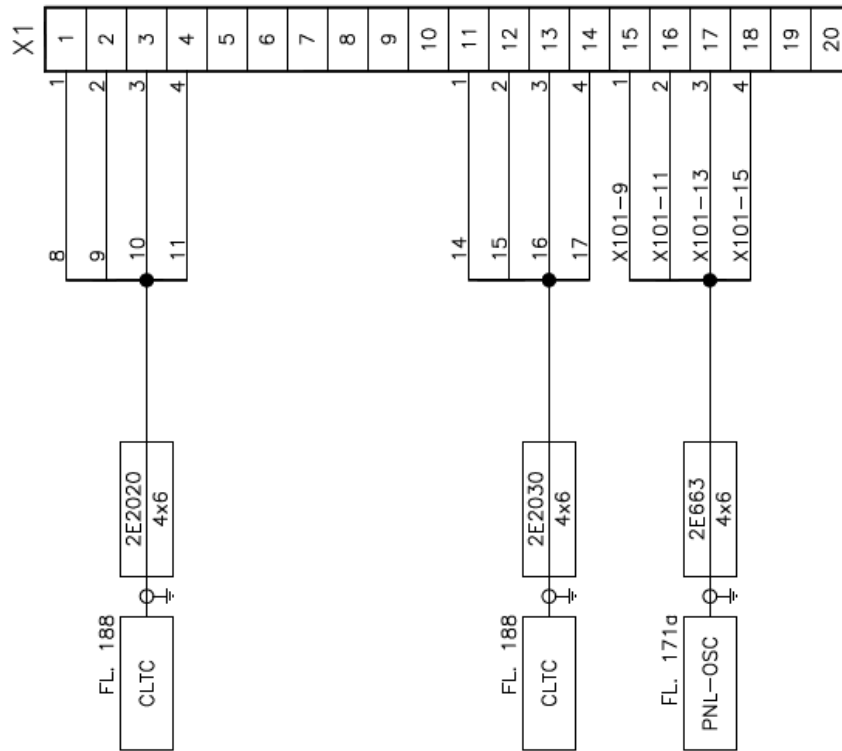


Figura 18. Interligação do CP2 com o TC e painel do Oscilógrafo.

4 CONCLUSÃO

Neste documento foram descritas as atividades desenvolvidas durante o período de estágio integrado, mostrando os métodos de trabalho desenvolvidos e os resultados alcançados.

Durante o estágio ficou evidenciado a importância de disciplinas estudadas na universidade que serviram de base para a compreensão e o desenvolvimento das atividades profissionais, dentre elas Proteção de Sistemas Elétricos, Instalações Elétricas e Análise de Sistemas Elétricos. Entretanto, foi percebido que algumas disciplinas poderiam ter sido esplanadas de forma mais profunda ou mais ligadas às aplicações práticas de engenharia, como no caso de Proteção de Sistemas Elétricos.

Além dos conhecimentos técnicos adquiridos, houve a formação de relações interpessoais principalmente no que diz respeito à execução do trabalho em equipe, sendo este um valor importante para a inserção e adaptação ao mercado de trabalho.

Assim, o estágio foi importantíssimo para complementar os conhecimentos adquiridos na faculdade, dando a possibilidade de uma formação mais completa e uma preparação maior para entrar no mercado de trabalho.

BIBLIOGRAFIA

ABNT. **NBR 10520 - Informação e documentação - Citações em documentos - Apresentação.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 2002. p. 7.

ABNT. **NBR 6023 - Informação e documentação - Referências - Elaboração.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 2002. p. 24.

ABNT. **NBR 6028 - Informação e documentação - Resumo - Apresentação.** [S.l.]: Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2003. p. 2.

ABNT. **NBR 14724 - Informação e documentação — Trabalhos acadêmicos — Apresentação.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 30 dez. 2005. p. 9.

KINDERMANN, G. **Proteção de Sistemas Elétricos de Potência.** 2. ed. Florianópolis-SC: UFSC - EEL - LABPLAN, v. 1, 2005.

KINDERMANN, G. **Proteção de Sistemas Elétricos de Potência.** 2. ed. Florianópolis - SC: UFSC - EEL - LABPLAN, v. 2, 2005.

ONS – Operador Nacional do Sistema. Procedimentos de Rede, Submódulo 2.6, Requisitos Mínimos para os Sistemas de Proteção e de Telecomunicações. 11/11/2011.

SATO, F. **Proteção de Sistemas de Energia Elétrica.** Campinas - SP: UNICAMP, 2005. 138 p. Notas de Aula.

SCHNEIDER ELECTRIC, MiCOM P441/P442 & P444: Numerical Distance Protection - Technical Guide P44x/EN T/J96, 2013.

SCHWEITZER. **Tutorial de Diagramas Lógicos de Esquemas de Proteção e Controle.** 2. ed. Campinas - SP: Schweitzer Engineering Laboratories, Brasil LTDA., v. 1, 2013. 237 p.

SEL-Schweitzer Engineering Laboratories, Tabela ANSI. Disponível em: < http://www.selinc.com.br/tab_ansi.aspx > Acesso em 16 de abril de 2014.