



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA

LUIZ CLAVER PEREIRA GRILO

Relatório de Estágio Integrado

Campina Grande, Setembro de 2013

LUIZ CLAVER PEREIRA GRILO

Relatório de Estágio Integrado

Relatório de Estágio Integrado apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento parcial as exigências para obtenção do Grau de Engenharia Eletricista.

EMPRESA: Interest Engenharia Ltda.

Período de estágio: 13/05/2013 a 27/09/2013

Orientador: Alexandre Cunha Oliveira

Campina Grande, Setembro de 2013

LUIZ CLAVER PEREIRA GRILO

Relatório de Estágio Integrado

Relatório de Estágio Integrado apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento parcial as exigências para obtenção do Grau de Engenharia Eletricista.

Aprovado em / /

Alexandre Cunha Oliveira
Universidade Federal de Campina Grande
Professor Orientador

Francisco das Chagas Fernandes Guerra
Universidade Federal de Campina Grande
Professor Convidado

Campina Grande, Outubro de 2013

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais: Marcelo Bezerra Grilo e Tânia Maria Augusto Pereira, por terem me ensinado a viver! Com eles aprendi a gostar de estudar, viajar, apreciar e fazer música, respeitar as pessoas, não fazer coisas erradas e a fazer boas festas!

Aos meus irmão: Simone Augusto Pereira e Marcelo Grilo Jr, pela paciência. Em particular ao mais novo, por ter me aguentado nos diversos momentos em que estivemos juntos, na música no esporte e nos estudos.

Aos meus amigos, os quais não vou citar nomes, caso contrário posso me complicar depois. Com vocês aprendi o que são todos aqueles adjetivos bonitos que usamos nos poemas e nas letras de músicas. Como sei que nem todos vão ler esse relatório, então faço um especial agradecimento aos amigos que conheci na época da universidade. Alguns foram apenas colegas de disciplina ou de estudos. Mas fico feliz por ter conhecido pessoas que tenho a certeza e vontade de manter contato pelo resto da vida, todos vocês são parcela importante nessa conquista.

Um agradecimento especial aos meus colegas de trabalho na Interest Engenharia, em especial à equipe de Elétrica, que foram fator importante no refinamento de minha formação e sem os quais eu não estaria hoje inserido no mercado de trabalho. Um abraço especial a minha colega de equipe Jamilly Macedo e a Osvaldo Matubara, meu chefe que não tem jeito de chefe e sim de grande amigo. Juntos estamos (re)aprendendo a energizar o Brasil de uma forma nova e empolgante!

Finalmente agradeço a todos os que fizeram e fazem o curso de Engenharia Elétrica na UFCG. Aos professores, em especial o Prof. Alexandre Cunha Oliveira, que foi por diversas vezes meu orientador em atividades acadêmicas, ao secretariado em especial a Adail e Tchay, que tornam a nossa vida mais fácil e doce no tratar dos problemas.

Foi bom, foi divertido e que venha muito mais!

Muito obrigado a todos e até a próxima linha!

Lista de Figuras

Figura 1: Unidades lógicas básicas envolvidas em um relé de proteção digital.

Figura 2 – Página do diagrama unifilar de um caderno funcional de uma subestação de 500 kV.

Figura 3 – Página do caderno funcional referente as entradas digitais de um relé.

Figura 4 – Diagrama lógico para detecção de falha de disjuntor em arranjo de disjuntor e meio em um relé SEL 421.

Figura 5 – Relé RED 670 da série *Relion* da ABB.

Figura 6 – Configuração de uma proteção no PCM 600.

Figura 7 – Exemplo de bloco de função no PCM 600.

Figura 8 – Painéis do relé RED 670 na subestação de Aquiraz.

Figura 9 – Testes de comunicação com o relé RED 670.

Figura 10 – Relé SEL 421

Figura 11 – Visão funcional simplificada do relé inserido em um esquema de barra dupla quatro chaves.

Figura 12: Configuração de uma proteção no AcSELerator.

Figura 13 – Configuração da comunicação entre o relé SEL 421 e o computador.

Figura 14 – Esquemático do circuito de funcionamento da GIGA.

Figura 15 – Fotos do processo de construção da GIGA e do equipamento em sua versão final.

Figura 16 – Medidores analógicos em painel

Figura 17 – Arquitetura da solução proposta

Figura 18 – Projeto Mecânico dos componentes para testar a solução

Figura 19 – Esquema elétrico das conexões de alimentação e comunicação.

Figura 20 – Tela utilizada para teste de validação.

Figura 21 – Formas de salvar e acessar a memória em diferentes processadores.

Figura 22 – Formato da mensagem enviada pelo multimedidor.

Figura 23 – Processo de construção dos chassi de proteção da 05L8 na oficina da Interest.

Figura 24 – Testes realizados com a GIGA de testes no TAF.

Figura 25 – Transporte dos painéis até as respectivas subestações, após a conclusão do TAF.

Figura 26 – Painel de proteção principal da 05V6.

Figura 27 – Diagrama de arquitetura digital para subestação JDM.

Figura 28 – Algumas fotos das caixas de TP e TC abertas e seu estado de conservação.

Figura 29 – Visor de acesso do SAGE.

Figura 30 – lista de programas do SAGE.

Sumário

Introdução.....	8
Apresentação da Empresa.....	8
O Estágio	9
Fundamentação Teórica.....	10
Descrição Geral de uma Subestação	10
Proteção de Sistemas Elétricos	10
Relés Digitais	11
Atividades desenvolvidas	13
Estudo dos Diagramas Lógicos e Funcionais	13
Estudo do Relé RED 670	18
PCM 600	19
<i>Retrofit</i> 04F3 - Fortaleza / Banabuiú / Aquiraz – Visitas Técnicas	21
Estudo do Relé SEL421	22
AcSELerator QuickSet.....	24
GIGA de Testes	26
Solução de Medição Digital para Subestações	30
TAF – Teste de Aceitação de Fábrica.....	36
Levantamento de Campo - Subestação Jardins.....	39
Aplicações no SAGE	44
Conclusão	47
Bibliografia.....	48

Introdução

Este relatório de estágio integrado tem como objetivo descrever, de forma sucinta, as atividades desenvolvidas, bem como as experiências e os aprendizados adquiridos durante o período na INTEREST Engenharia.

O sistema elétrico não se encontra imune as perturbações, defeitos e falhas diversas provenientes de fatores internos e externos. Sendo assim, um dos ramos que mais cresce na Engenharia Elétrica de Potência é a Proteção e Controle. A eficiência e velocidade da Proteção e Controle têm sido substancialmente elevadas graças aos Equipamentos Digitais Inteligentes (IED), que devem atuar para que as faltas sejam rapidamente isoladas e que o sistema seja minimamente afetado.

Com a evolução da tecnologia os relés tornaram-se equipamentos digitais versáteis e muito mais seguros que os antigos relés eletromecânicos, os quais ainda se encontram em operação dentro de algumas subestações. Atualmente, os relés são na verdade equipamentos que possuem várias proteções associadas.

No Brasil, o sistema elétrico de potência é interligado e a necessidade de controle, supervisão e proteção se faz mais necessária. Nesse contexto a modernização dos sistemas associados a essas tarefas vem sendo uma atividade posta em prática pelas concessionárias de transmissão e distribuição de energia elétrica. No caso mais específico do nordeste, a CHESF vem atualizando, através do *retrofit* o sistema de proteção de suas subestações de transmissão, instalando novos relés digitais.

Apresentação da Empresa

A INTEREST Engenharia, fundada em 1990, é uma empresa de projetos, consultoria, acompanhamento e fiscalização de obras na área de sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

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

As áreas de atuação podem ser divididas em duas: a primeira é na área projetos e estudos de engenharia e a segunda é a de engenharia de campo. Na primeira área, a Interest fornece diversos serviços referentes à:

- Subestações de alta e extra alta tensão, tais como projeto básico e o projeto executivo; projetos de recapacitação para substituição de sistemas de proteção eletromecânicos ou estáticos por sistemas digitais; especificações de sistemas de medição, proteção, comando, controle e supervisão; assessoria no processo de aquisição de equipamentos e materiais, etc.
- Usinas Hidrelétricas e Termelétricas, tais como o projeto básico e o projeto executivo de medição, proteção, comando, controle e supervisão; projetos de recapacitação para substituição de sistemas de proteção eletromecânicos ou estáticos por sistemas digitais; estudos de coordenação e seletividade de proteções, etc.
- Sistemas Industriais e de Média e Baixa Tensão, tais como projetos de instalações elétricas industriais; projetos de estações de bombeamento e tratamento da água para saneamento e irrigação; especificação de equipamentos, etc.

Já na área de Engenharia de Campo, oferece os seguintes serviços: gerenciamento e acompanhamento de obras; fiscalização de usinas e subestações em operação; fiscalização de montagem; recapacitação para substituição de sistemas de proteção eletromecânicos ou estáticos por sistemas digitais; inspeção técnica de materiais e equipamentos elétricos; comissionamento de equipamentos.

A Interest Engenharia possui a seguinte política de qualidade: "Comprometimento de toda a organização com a melhoria contínua dos Serviços de Engenharia e do Sistema de Gestão da Qualidade, visando a satisfação dos clientes e colaboradores".

O Estágio

O estágio integrado teve duração de quatro meses e carga horária de 40 horas semanais. As atividades desenvolvidas durante esse tempo foram:

1. Desenvolver diagramas lógicos para controle e proteção de subestações;
2. Implementar as lógicas elaboradas e fazer parametrização nos softwares dos relés;
3. Desenvolver aplicações no sistema supervisório SAGE;
4. Acompanhar a etapa de testes e validação dos projetos do *retrofit*;
5. Acompanhar a etapa de comissionamento no *retrofit*;

Fundamentação Teórica

Descrição Geral de uma Subestação

Uma Subestação é uma instalação elétrica de alta potência, contendo equipamentos para transmissão, distribuição, proteção e controle de energia elétrica. Funciona como ponto de controle e transferência em um sistema de transmissão elétrica, direcionando e controlando o fluxo energético, transformando os níveis de tensão e funcionando como pontos de entrega para consumidores industriais.

As subestações podem ser classificadas como Transformadoras e de Manobras, de acordo com as duas funções básicas que executam no sistema. A primeira permite que a energia seja transmitida em tensões mais altas, por longas linhas de transmissão sem que haja demasiada perdas. Algumas convertem a tensão para níveis mais altos, e geralmente se encontram perto das unidades geradoras, são as transformadoras elevadoras. Enquanto que as abaixadoras convertem a tensão para níveis mais baixos para que sejam interligados com os centros de carga, ou seja, para que a energia seja entregue aos consumidores em níveis de tensões apropriados. As subestações de manobra são destinadas ao seccionamento e interconexão de circuitos com o mesmo nível de tensão, para que seja possível a multiplicação e estabelecimento de diversas rotas para a transmissão de energia.

Proteção de Sistemas Elétricos

A proteção dos sistemas elétricos de potência é uma área de extrema importância para a manutenção do fornecimento da energia elétrica aos consumidores e para a segurança dos equipamentos altamente dispendiosos que compõem o sistema elétrico. Essa área vem se desenvolvendo muito nos últimos anos, devido ao surgimento de novas tecnologias que possibilitaram a introdução da proteção digital através de relés microprocessados.

O sistema de proteção é composto por um conjunto de subsistemas integrados que interagem entre si com o objetivo de produzir a melhor atuação, ou seja, isolar a área defeituosa sem que esta comprometa o restante. Tais subsistemas são compostos por relés, disjuntores, transformadores de instrumentação e pelo sistema de suprimento de energia.

Relés Digitais

Os relés de proteção são considerados os mais importantes componentes do sistema de proteção, uma vez que a decisão lógica sobre a atuação em uma determinada região é feita por estes equipamentos. Devido a essa importância, os relés devem ser equipamentos extremamente confiáveis e robustos, pois suas funções só serão exigidas em condições anormais de operação.

É importante salientar que a tomada de decisão de um relé, isto é, o envio do sinal de abertura do disjuntor (trip), é determinada pelo tipo de função que o relé está executando e de suas configurações, já que cada aplicação exige uma parametrização específica de acordo com a topologia da rede elétrica, da filosofia de proteção adotada e da porção do sistema que se deseja proteger. A parte do sistema elétrico a qual o relé deverá atuar no sentido de protegê-la é conhecida como zona de proteção. Os equipamentos para aplicação em sistemas de proteção devem possuir algumas propriedades básicas:

- **Confiabilidade:** assegurar que a proteção atuará corretamente quando for necessária, distinguindo entre situações de falta e condições normais de operação.
- **Seletividade:** maximizar a continuidade do serviço de fornecimento de energia, desconectando o mínimo do sistema em situações de falta.
- **Velocidade de operação:** minimizar o tempo de duração da falta e consequente perigo para os equipamentos.
- **Simplicidade:** mínimo de equipamentos de proteção e circuitos elétricos associados para executar os objetivos da filosofia de proteção desejada.
- **Economia:** máxima proteção com o mínimo de custo.

As empresas de transmissão e distribuição do setor elétrico estão buscando atualizar os sistemas de proteção através da troca de dispositivos ultrapassados (relés eletromecânicos) por outros mais modernos e confiáveis (relés digitais). Essa troca de proteções é conhecida como *retrofit*.

Os IEDs (*Intelligent Electronic Devices*) são unidades multifuncionais para a proteção, controle, automação, medição e monitoramento dos sistemas elétricos, permitindo o desenvolvimento de lógicas de intertravamento e bloqueio, ou seja, funcionalidades em uma única caixa.

As informações que esses relés obtêm do sistema elétrico podem ser distribuídas para diversos centros de controle de forma paralela. Os relés digitais também trouxeram benefícios na vida útil dos equipamentos de potência. Os blocos funcionais envolvidos em um relé microprocessado estão mostradas na Figura 1.

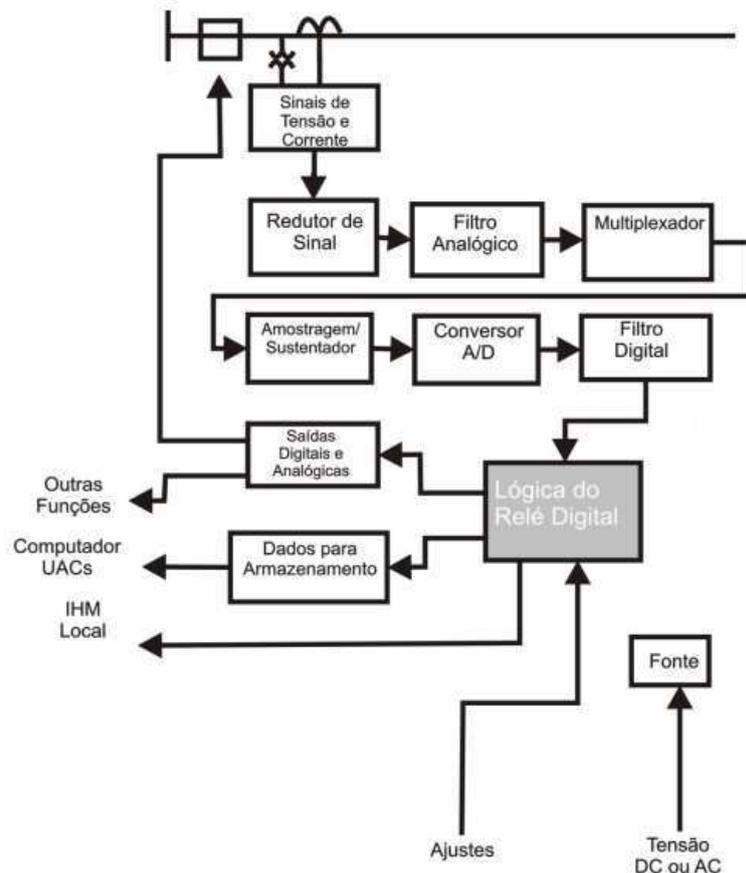


Figura 1: Unidades lógicas básicas envolvidas em um relé de proteção digital.

De maneira geral estes blocos realizam as seguintes funções:

- Entrada Analógica: Bloco por onde entram os sinais analógicos das correntes e tensão via transformador de corrente (TC) e transformador de potencial (TP);
- Redutor de Sinal: Produz adaptação dos sinais de entrada ao circuito do relé digital. Neste bloco, transformadores auxiliares produzem o desacoplamento físico entre os circuitos de entrada e de saída;
- Filtro Analógico: De acordo com a necessidade da função requerida, realiza uma filtragem dos sinais indesejados;

- Multiplexador: Faz a multiplexação dos sinais de entrada;
- Amostragem e sustentação: Prepara os sinais analógicos em sinais de amostragem por ciclo para a conversão em sinais digitais;
- Conversor A/D: Transforma os sinais amostrados em sinais digitais;
- Filtro Digital: Estabiliza os sinais digitais;
- Lógica do relé: Faz a lógica de operação do relé, a qual depende do algoritmo aplicado e da função de proteção desejada. Este bloco pode conter entradas digitais capazes de alterar a lógica de proteção do relé informando, por exemplo, o estado de disjuntores e chaves seccionadoras;
- Saídas digitais e analógicas: São destinadas a cumprir as funções do relé, podendo estar associadas a alarmes, controles, dados para supervisão, comando para outros relés e principalmente comando de abertura para disjuntores;
- Bloco de registro de eventos e oscilografia: Armazena dados necessários para efetuar análise do desempenho da atuação da proteção e das condições do sistema durante a ocorrência da falta;
- Interface Homem-Máquina (IHM): Dependendo do relé de proteção pode ser realizada diretamente no aparelho, através de um computador local ou de maneira remota.

Atividades desenvolvidas

Estudo dos Diagramas Lógicos e Funcionais

O projeto elétrico de uma subestação é elaborado a partir da geração de diversos documentos. Entre eles, um dos principais é o caderno funcional. Esse caderno contém o diagrama unifilar e trifilar da subestação, apresenta os pontos onde existe potencial, apresenta as entradas e saídas digitais do relé e também os relés auxiliares utilizados para multiplicação de contatos. Também é encontrado, geralmente ao fim do caderno funcional, a lógica de intertravamentos e de proteção que será gravada no relé.

A primeira atividade desenvolvida no estágio foi a familiarização com a leitura desse tipo de material de documentação, de forma que fosse possível identificar as características de cada subestação e de cada relé para poder prosseguir com o entendimento das lógicas de proteção e conseqüentemente com a correta programação e parametrização do relé.

Um dos diagramas estudados foi o de uma subestação de 500 kV, onde a CHESF adota o arranjo de barramento *disjuntor e meio*. A Figura 2 é a página do caderno funcional onde é apresentado o diagrama unifilar da subestação.

A nomenclatura disjuntor e meio deve-se ao fato de que para cada duas conexões à barra, necessitamos de três disjuntores ou seja, para cada conexão um disjuntor e meio. Na ocorrência de defeito em um dos circuitos, três disjuntores protegem dois circuitos em uma configuração com dois barramentos. A ocorrência de falha em uma das barras não provocará o desligamento dos circuitos, apenas irá ocorrer a retirada da barra para a manutenção. A vantagem deste esquema é que qualquer disjuntor ou barra podem ser retiradas de operação para a manutenção sem afetar os circuitos.

Outra informação encontrada no caderno funcional exemplifica as entradas e saídas de sinais para o relé digital. São exemplos de sinais de entrada: posições das chaves seccionadoras, estado dos disjuntores, sinais de sensores de pressão e corrente dos equipamentos. Também são utilizadas como entradas, sinais provenientes de equipamentos de telecomunicações, utilizados para teleproteção. As saídas de um relé estão associadas a abertura e fechamento do disjuntor (*trip*), envio de sinais de telecomunicações e envio de sinais de sinalização e alarmes para o sistema supervisor ou anunciadores de eventos e unidades remotas de telecomunicação. A Figura 3, apresenta a página do caderno funcional que contém as entradas digitais de um relé.

Os diagramas lógicos são uma exemplificação através de circuitos lógicos, utilizando portas lógicas e blocos e sinais específicos do relés, de como o relé se comportará para realizar as funções de acionamento e desligamento de equipamentos (intertravamentos), assim como para definir que tipo de falha será acionada, dada a presença de determinadas condições.

Esses diagramas variam de relé para relé, de acordo com os sinais que o fabricante disponibiliza em cada equipamento, assim como da visão do projetista de utilizar ou não dos diversos blocos internos dos relés, que disponibilizam lógicas prontas, ou utilizar as lógicas clássicas através da composição de portas lógicas. A Figura 4, apresenta uma página do diagrama lógico de um relé SEL 421 (*Schweitzer Engineering Laboratories*) utilizada para acionar a falha de disjuntor no arranjo de disjuntor e meio do 500 kV.

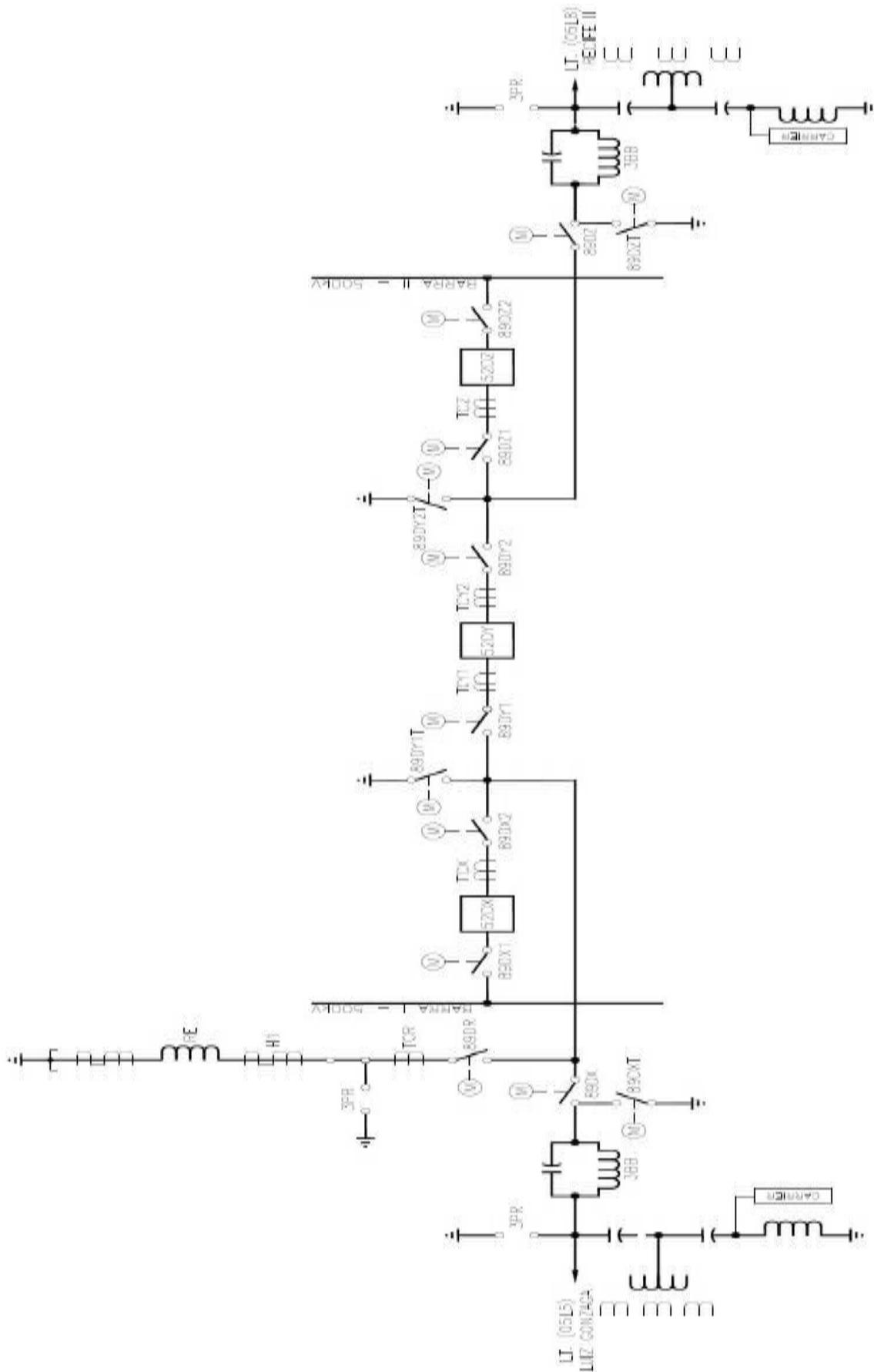


Figura 2 – Página do diagrama unifilar de um caderno funcional de uma subestação de 500 kV.

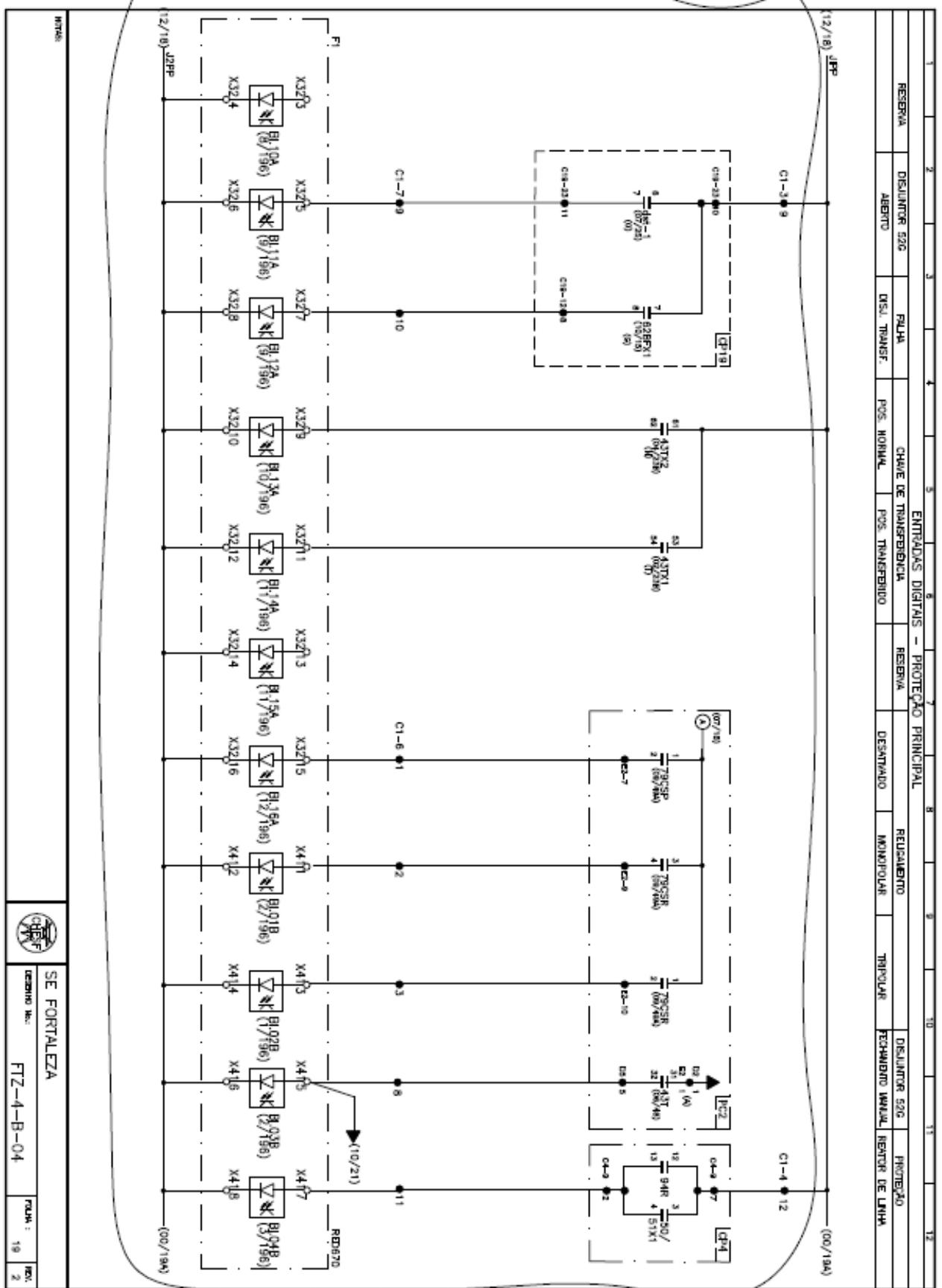


Figura 3 – Página do caderno funcional referente as entradas digitais de um relé.

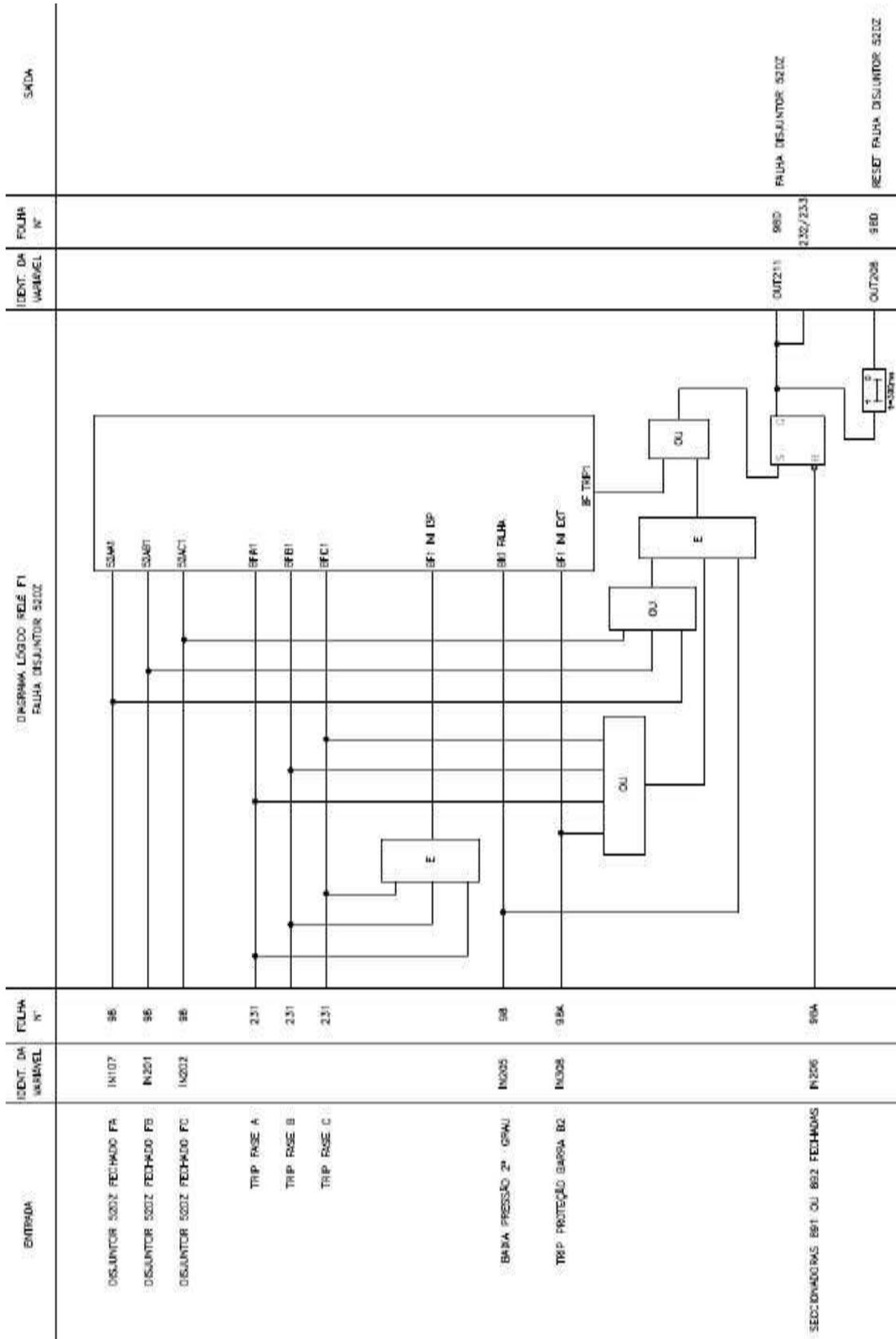


Figura 4 – Diagrama lógico para detecção de falha de disjuntor em arranjo de disjuntor e meio em um relé SEL 421.

Estudo do Relé RED 670

O relé RED 670 (Figura 5), fabricado pela ABB, foi criado para o propósito específico da proteção e controle de linha, barramentos, geradores e transformadores de alta tensão através da proteção diferencial. A partir da configuração de parâmetros internos de proteção é possível adaptar o IED às diferentes necessidades de cada equipamento. Isso é especialmente útil para a proteção de linhas de múltiplos terminais nas quais a proteção por impedância se torna extremamente complicada e pouco confiável.

A proteção diferencial de corrente com segregação de fase fornece uma excelente sensibilidade para faltas com alta resistência e fornece um sistema seguro para isolamento das fases em falta. A viabilidade de usar até três entradas de corrente por fase permite o uso do arranjo de vários disjuntores em linha de três terminais ou ainda a configuração de disjuntor simples para linhas com até cinco terminais. Nesse tipo de proteção a comunicação entre IEDs desempenha um papel fundamental. Essa lógica utiliza uma base que é a comparação entre as correntes que circulam na entrada e na saída de áreas específicas do sistema elétrico ou de equipamentos que compõem esse sistema.

O relé RED670 foi utilizado no *retrofit* das subestações de Fortaleza Um e Banabuiú de 230 kV. Inicialmente era previsto um seccionamento dessa linha para a subestação de Aquiraz, resultando em duas novas linhas (FTZ/AQZ e BNB/AQZ). Contudo o projeto não ficou pronto e o relé foi utilizado na modernização da linha 04F3 FTZ/BNB.



Figura 5 – Relé RED 670 da série *Relion* da ABB.

PCM 600

O PCM 600 é o software disponibilizado pela ABB para realizar a programação das funções de proteção, lógica de projeto e parametrização dos seus relés. Ele possui todos os blocos lógicos que são utilizados pelos relés microprocessados para substituir as funções de proteção que eram realizadas pelos relés eletromecânicos e ainda algumas funções novas que somente essa classe de equipamento é capaz de realizar. A Figura 6 ilustra uma tela desse software.

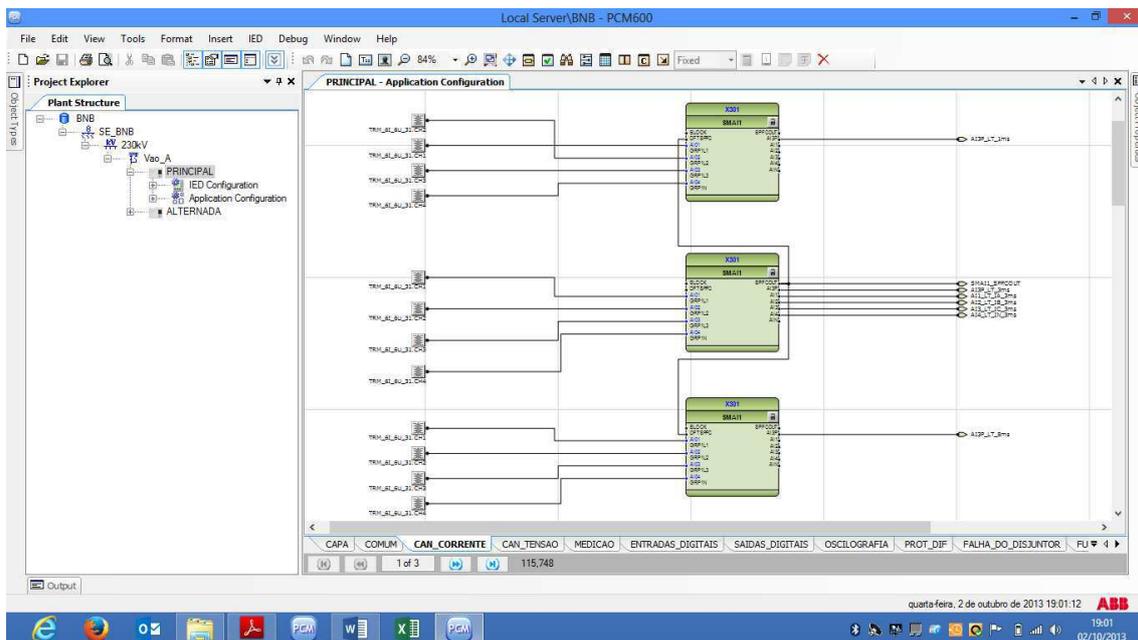


Figura 6 – Configuração de uma proteção no PCM 600.

A entrada, para os diagramas lógicos, é qualquer combinação de status das entradas ópticas e entradas virtuais do relé. Isto também é usado para atribuir o mapeamento de funções para as entradas ópticas e contatos de saída, as saídas do elemento de proteção, partidas de proteção, *trips* e as saídas do esquema lógico de proteção.

A lógica no software é construída basicamente com portas lógicas, temporizadores e blocos de funções. Essas portas podem ser programadas para executar uma faixa de funções diferentes e podem receber diversos números de entradas. Qualquer um dos temporizadores pode ser usado para criar um atraso programável, para condicionar a saída lógica e/ou para criar um pulso de duração fixa sobre a saída independente do

comprimento deste sobre a entrada. As saídas são os LEDs sobre o painel frontal do relé e os contatos de saída na parte traseira.

Cada bloco de função é ilustrado graficamente como mostrado na Figura 7. Os sinais de entrada estão sempre no lado esquerdo e sinais de saída na direita. O caractere “^” na frente de um nome no sinal de saída ou de entrada indica que o usuário pode definir um nome de sinal por conta própria no PCM600. O caractere “*” após um nome de sinal de saída ou de entrada indica que o sinal tem de ser ligado a outro bloco de função na configuração do aplicativo para que uma configuração válida seja realizada.

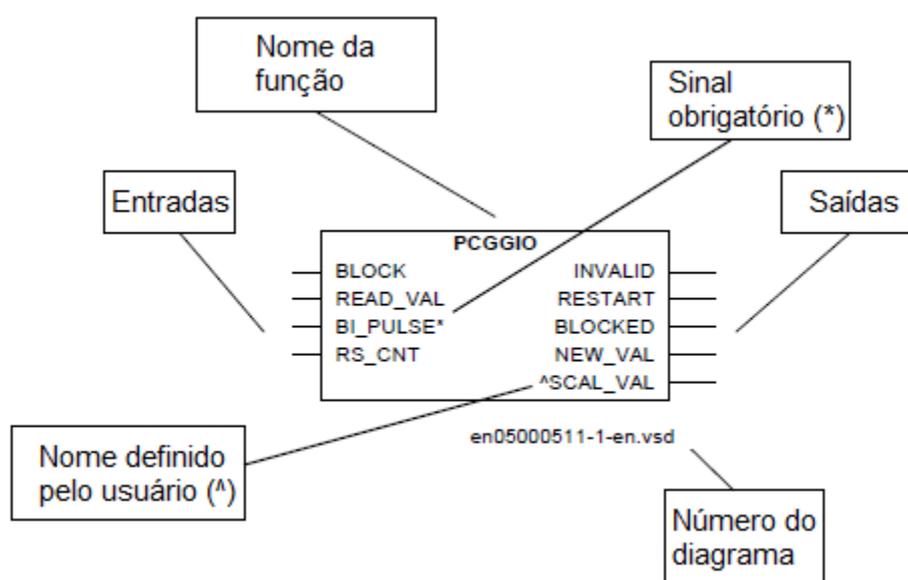


Figura 7 – Exemplo de bloco de função no PCM 600.

A execução da lógica é orientada por eventos. Ela é processada sempre que qualquer destas entradas varia, por exemplo: uma mudança em um dos sinais digitais de entrada ou uma saída de *trip* a partir de um elemento de proteção. Além disso, apenas a parte da lógica que é afetada é processada. Isso reduz o tempo de processamento. Antes de gravar a configuração do relé, a ferramenta dispõe de um compilador, que faz uma checagem funcional da lógica, informando conexões erradas e alertando sobre possíveis problemas de interconexões entre blocos, vale salientar que não é realizado uma depuração da lógica desenvolvida.

Uma vez que toda a lógica é criada e testada dentro do PCM 600, ela é exportada para dentro dos relés de proteção e controle, onde passará por uma fase de testes para garantir o perfeito funcionamento do equipamento e de sua lógica.

Retrofit 04F3 - Fortaleza / Banabuiú / Aquiraz – Visitas Técnicas

Como dito anteriormente o relé RED 670 foi utilizado no *retrofit* da linha 04F3, que liga as subestações de Fortaleza I e Banabuiú, e deveria ser seccionada para Aquiraz II, com o objetivo de gerar duas novas linhas entre as subestações de Fortaleza I e Aquiraz II, e Banabuiú e Aquiraz II.

Uma visita técnica foi realizada, no mês de junho, as subestações de Fortaleza I e de Aquiraz II com o objetivo de requisitar informações sobre o andamento do projeto e ter os primeiros contatos com o relé, que se encontrava já em fase de testes na subestação de Aquiraz, uma subestação nova que estava sendo construída pela ABB. A Figura 8, mostra algumas fotos dos painéis contendo os relés, na subestação em construção.



Figura 8 – Painéis do relé RED 670 na subestação de Aquiraz.

A comunicação com o relé RED 670 se dá através de comunicação TCP/IP, portanto um cabo com conector RJ45 foi utilizado para conectar o computador ao relé, conforme Figura 9. Após as configurações de IP foi possível descarregar a lógica no relé

e verificar o correto funcionamento do processo de comunicação com o dispositivo e realizar alguns testes, condicionando o acendimento de LEDs.



Figura 9 – Testes de comunicação com o relé RED 670.

Um segundo momento, já no mês de setembro, foi decidido que o seccionamento para a subestação de Aquiraz não aconteceria e a linha continuaria sendo entre Fortaleza e Banabuiú. O primeiro desligamento para entrada do relé curinga aconteceu no dia 08/09/2013 e até a conclusão desse relatório o processo do *retrofit* encontrava-se na fase de testes e comissionamento da proteção, onde testes eram feitos nos novos painéis com os novos relés com auxílio de caixas de testes.

Estudo do Relé SEL421

O SEL-421 contém todos os elementos de proteção e lógicas de controle necessários para proteger linhas de transmissão aéreas e cabos subterrâneo (Figura 10). O relé mede simultaneamente cinco zonas de proteção de distância mho de fase e terra e cinco zonas de proteção de distância de terra quadrilateral. Esses elementos de distância, em conjunto com os elementos opcionais direcionais de alta velocidade, seleção de fases em falta e distância de alta velocidade, são aplicados em esquemas de proteção de distância com zonas temporizadas e esquemas de teleproteção.

O SEL-421 é fácil de ser ajustado e usado em linhas típicas, ao mesmo tempo em que os ajustes das lógicas e os elementos de alta velocidade facilitam sua aplicação em linhas críticas e difíceis de serem protegidas. Esses relés estão sendo utilizados no *retrofit* de todos os terminais de 500 kV. A Figura 11 apresenta uma visão funcional simplificada do relé.



Figura 10 – Relé SEL 421

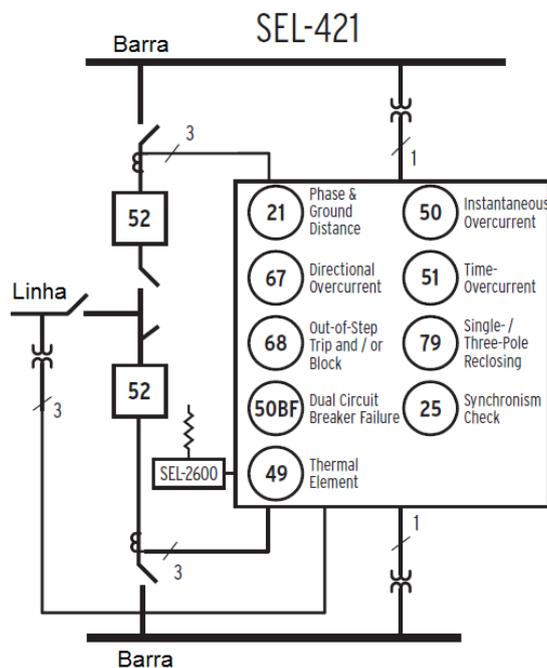


Figura 11 – Visão funcional simplificada do relé inserido em um esquema de barra dupla quatro chaves.

Os números indicados dentro da caixa que representa o relé, são as funções de proteção que o usuário pode ativar de acordo com a sua necessidade de projeto. A

nomenclatura é padronizada pela ANSI (*American National Standards Institute*) e para os números indicados tem as seguintes proteções:

- 21: Proteção de distância;
- 67: Proteção direcional de sobrecorrente;
- 68: Proteção de bloqueio por oscilação de potência;
- 50BF: Falha de disjuntor;
- 49: Proteção por temperatura;
- 50: Proteção de sobrecorrente instantânea;
- 51: Proteção de sobrecorrente temporizada;
- 79: Lógica para religamento do disjuntor;
- 25: Lógica para verificação de sincronismo.

AcSELerator QuickSet

O software AcSELerator Quickset é uma ferramenta utilizada para parametrizar os ajustes de todos os relés da SEL. Ele pode ser utilizado para configurar as funções de proteção necessárias, analisar os registros de faltas através das respostas dos elementos do relé, visualizar os níveis de harmônicos e fasores em tempo real, monitorar o sistema de energia em que está instalado, executar comandos através de comunicação serial e desenvolver ajustes on-line.

Diferente do PCM600, a lógica no AcSELerator não é feita por bloco de funções e sim por linhas de código (Figura 12). As ferramentas básicas para desenvolvimento das equações de controle SELOGIC são os Relay Word bits, grandezas digitais cujo valor lógico é 0 ou 1. Os termos habilitar ou habilitado referem-se a um Relay Word bit que tem o valor 1 ou está mudando de 0 para 1. Já os termos desabilitar ou desabilitado referem-se a um Relay Word bit que tem o valor 0 ou está mudando de 1 para 0. Diversos elementos do relé habilitam ou desabilitam esses elementos, usando-os na lógica interna fixa para tomar decisões, interpretar as entradas ou para acionar as saídas. Esses mesmos bits são disponibilizados para o usuário, de forma que ele possa ter flexibilidade para definir entradas ou saídas, especificar as variáveis de controle para lógicas internas, ou para criar uma lógica especial personalizada através do uso das equações de controle SELOGIC.

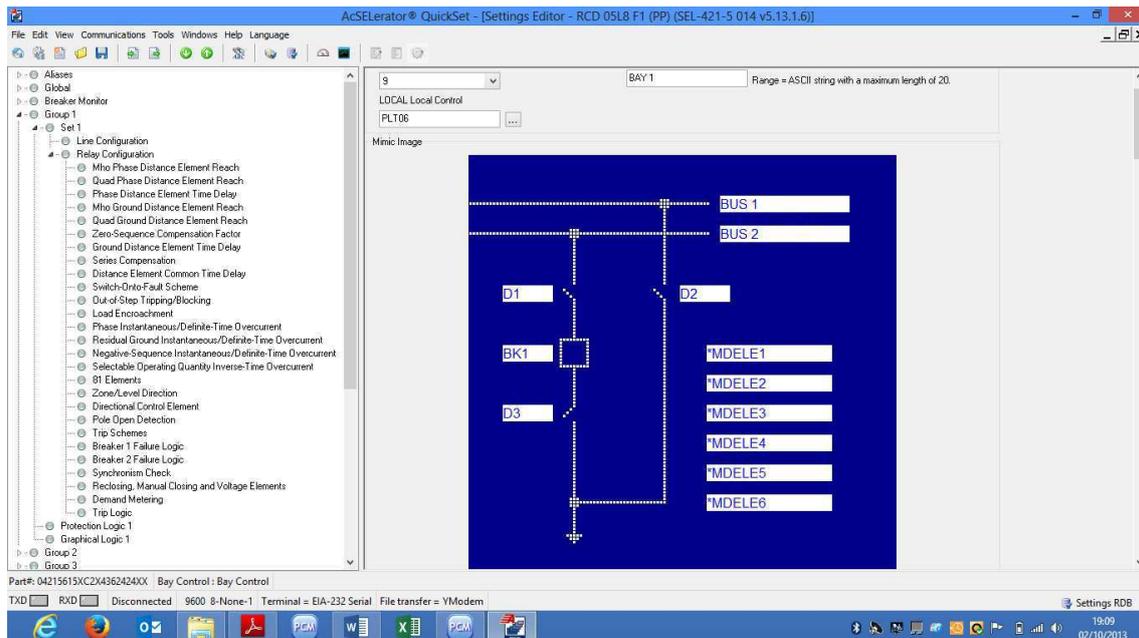


Figura 12: Configuração de uma proteção no AcSELErator.

A comunicação com o relé é feita ao clicar em *Communication* na tela inicial. Com isso, é aberta uma janela denominada *Communication Parameters* (Figura 13) onde é possível selecionar o tipo de comunicação e vários outros parâmetros, como, por exemplo, a velocidade de envio e recebimento de dados. O dispositivo utilizado, neste caso, foi um cabo conversor USBSerial.

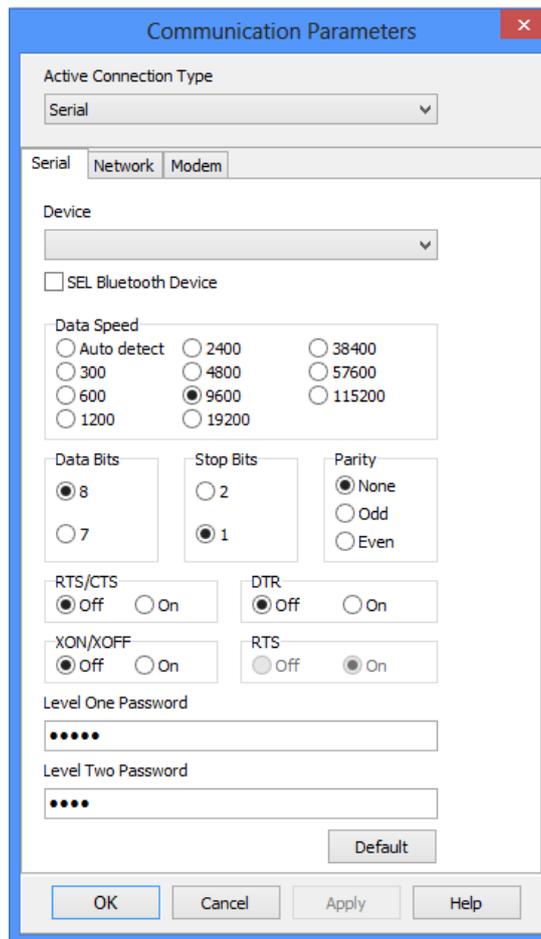


Figura 13 – Configuração da comunicação entre o relé SEL 421 e o computador.

GIGA de Testes

Os diversos equipamentos de uma subestação, disjuntores, chaves seccionadoras, transformadores de medição, indicam seu funcionamento através de contatos aberto ou fechado. Essa informação é convertida em informação digital binária através de relés auxiliares e é lida pelo relé digital, de forma que seja possível implementar as diversas lógicas de proteção. Por exemplo, só faz sentido iniciar um procedimento de religamento tripolar de um disjuntor, se este estiver previamente aberto.

De forma similar, a atuação desses equipamentos se dá através do recebimento de comandos de abertura ou fechamento, portanto o relé de proteção envia sinais digitais para relés auxiliares que convertem para os corretos níveis de tensão de atuação do comando e as chaves ou disjuntores são abertos ou fechados de acordo com o comando enviado.

Nem sempre é possível executar testes em campo, recebendo os sinais dos painéis que contêm os relés auxiliares. Portanto, para testar as lógicas de intertravamento e controle de equipamentos, bancadas de testes experimentais são desenvolvidas. Um equipamento muito comum para auxílio desses testes é a GIGA de testes.

A GIGA, como também é conhecida, basicamente é um conjunto de chaves e de contatos de entrada e saída de relés de tensão, de forma que seja possível simular os contatos de saída de seccionadoras e posição de chaves de comando e as posições dos disjuntores, por fase, de uma subestação. Alguns LEDs, resistores e diodos são necessários para prover circuitos de interface com o usuários informando quando o disjuntor está aberto ou fechado.

Um dos trabalhos desenvolvidos foi construir uma GIGA de testes para ser usada nos diversos procedimentos onde seria necessário simular previamente as lógicas e o correto funcionamento dos intertravamentos de seccionadoras e disjuntores. O projeto previu 16 chaves de saída, para simular posições (aberto ou fechada) de seccionadoras ou sensores dos equipamentos e um conjunto com 6 relés auxiliares para simular o comportamento de dois disjuntores tripolares, sendo possível ler o estado individual de cada fase de cada disjuntor, e atuar de forma a fechar os disjuntores por fase ou de forma trifásica. LEDs vermelhos indicam a posição disjuntor fechado e LEDs verdes indicam a posição disjuntor aberto. Uma necessidade é que a GIGA funcione nas tensões das subestações, 125 V_{DC}. O projeto do circuito da GIGA pode ser visto na Figura 14.

GIGA DE TESTE 125 VCC

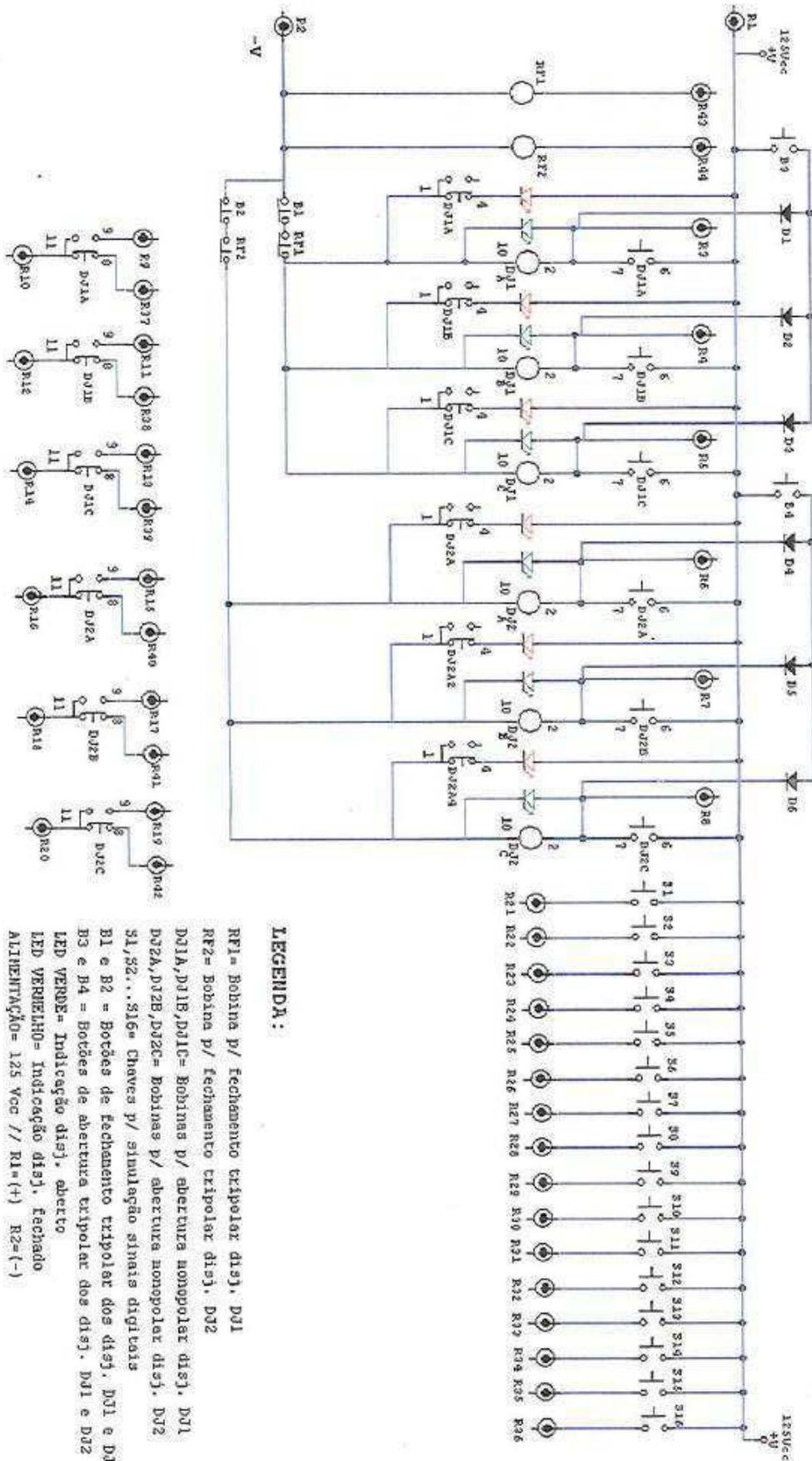


Figura 14 – Esquemático do circuito de funcionamento da GIGA.

Após as definições de projeto e a elaboração do circuito da GIGA, os componentes necessários foram adquiridos, e com auxílio de dois eletricitistas a montagem do equipamento foi executada. A Figura 15 apresenta uma sequência de fotos do processo de construção do equipamento e da versão final. A GIGA vem sendo usada nos PRÉ-TAFs realizados no laboratório da Interest Engenharia, assim como nos PIT e TAF dos painéis montados pela empresa a serem instalados nas subestações no processo de *retrofit*.

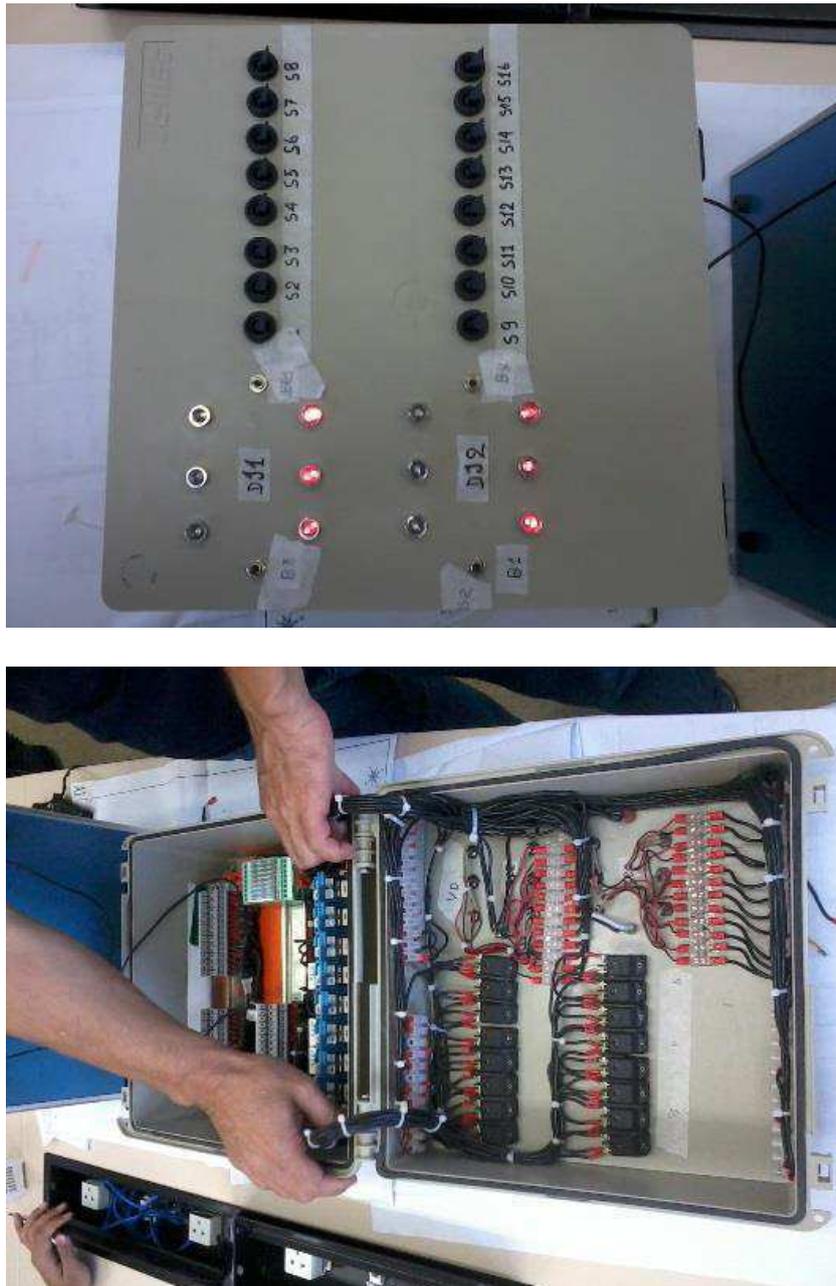


Figura 15 – Fotos do processo de construção da GIGA e do equipamento em sua versão final.

Solução de Medição Digital para Subestações

Foi requisitado pela CHESF uma solução para trocar os antigos medidores analógicos nos painéis da sala de comando. Esses medidores são transdutores com display analógico de ponteiros, utilizados para exibir valores de tensão, corrente e potência trifásica, assim como frequência. A Figura 16 é uma foto de um painel contendo esses medidores.



Figura 16 – Medidores analógicos em painel

A solução proposta deveria possibilitar que as grandezas medidas por um multimedidor digital fossem requisitadas por um display *touchscreen* em uma outra sala, e também fossem requisitadas por uma UTR, possivelmente também em outra sala distinta. No edital enviado pela CHESF foi especificado que os protocolos de comunicação atendidos pela solução deveriam ser MODBUS RTU e / ou ETHERNET. A arquitetura da solução adotada é apresentada na Figura 17.

Após a escolha da arquitetura adotada, foi feito um levantamento dos componentes passíveis de compra, dado o edital da CHESF contendo as especificações técnicas de multimedidor, conversores e display. Os componentes adquiridos foram:

- Multimedidor: KRON Mult K – 05;
- Conversor: ATMC CF 485 F;
- Display: Delta DOP AS35;
- Cabo de fibra óptica multimodo 62,5_{nm};

Após o recebimento dos componentes comprados, foi elaborado um projeto elétrico e mecânico para testar a solução em escala reduzida. O projeto mecânico consistiu em construir uma estrutura metálica com dois trilhos DIN no eixo horizontal para acomodar os componentes e os bornes e no eixo vertical um *rasgo* para acomodar o display *touchscreen*. A Figura 18 é uma foto da estrutura montada. O projeto elétrico consistiu das conexões entre os componentes e o barramento de alimentação e o barramento de comunicação. A Figura 19 apresenta o esquemático das ligações.

Na arquitetura proposta o multimedidor funciona como um escravo e o display funciona como o mestre. Os conversores são apenas um *passthrough*, que convertem do meio físico elétrico para o meio físico óptico, com o objetivo de eliminar interferência eletromagnética na troca de sinais entre as salas, que em algumas subestações se distanciam de até 800m.

O protocolo de comunicação utilizado foi o MODBUS RTU, utilizando o meio físico RS-485 *half-duplex* (a dois fios). As configurações do protocolo em todas as unidades foi de 9600/8N1. Não foi utilizado resistor de terminação na ligação ponto a ponto entre multimedidor e conversor, e entre display e conversor, principalmente devido ao fato desses componentes estarem vizinhos um ao outro no trilho DIN, tanto na nossa montagem, quanto na montagem na subestação.

O teste de validação consistiu em conectar a tensão da rede monofásica ao multimedidor e criar uma tela no *display*, contendo algumas *macros* que enviam requisições para o escravo e recebem os dados contendo os valores para atualizar as telas nos *displays*. Na Figura 20 a tela utilizada para realizar o teste, onde existe um campo para mostrar a tensão monofásica da rede, outro campo para mostrar a frequência da rede, e dois botões para enviar configurações para o multimedidor.

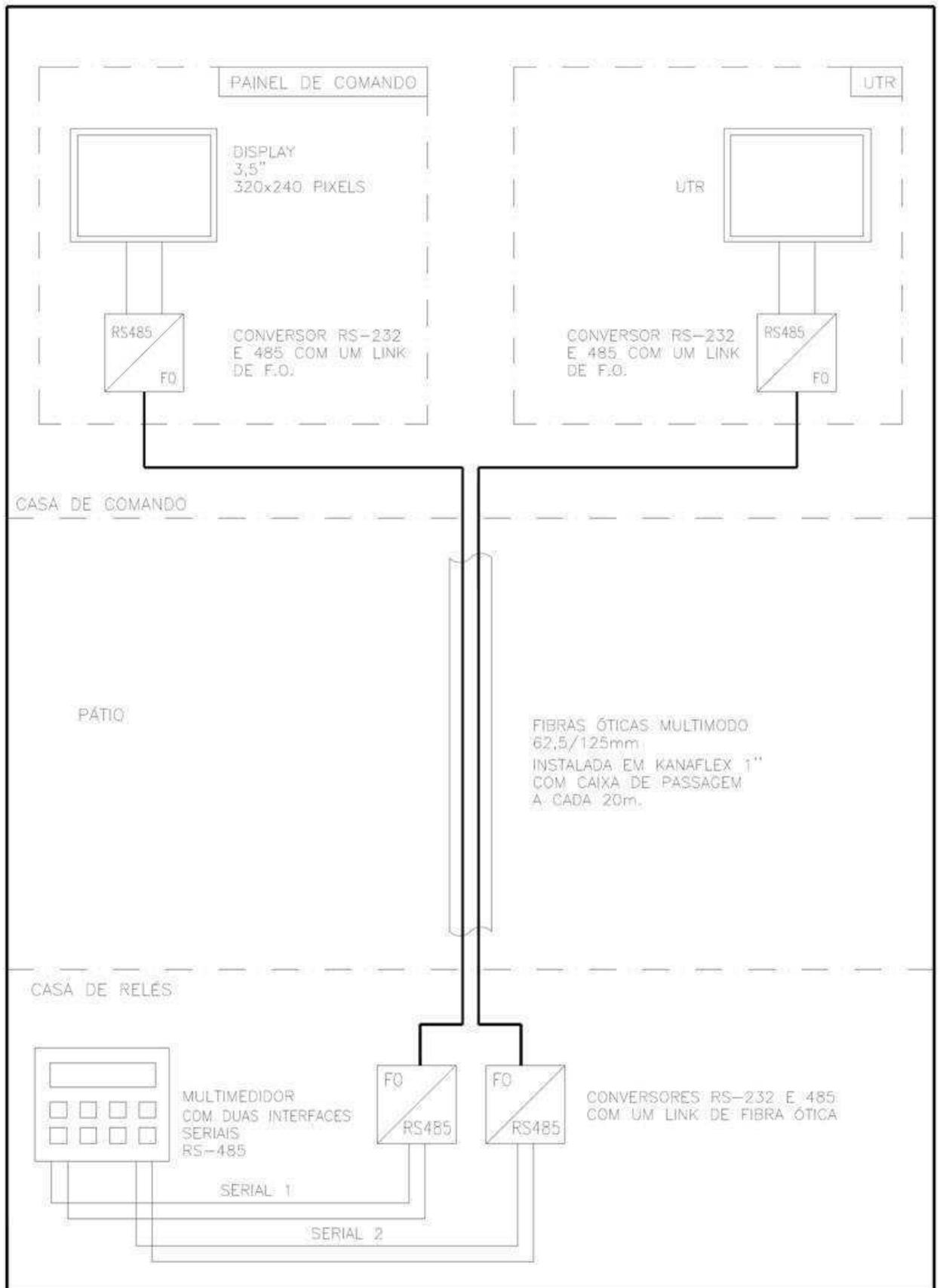


Figura 17 – Arquitetura da solução proposta

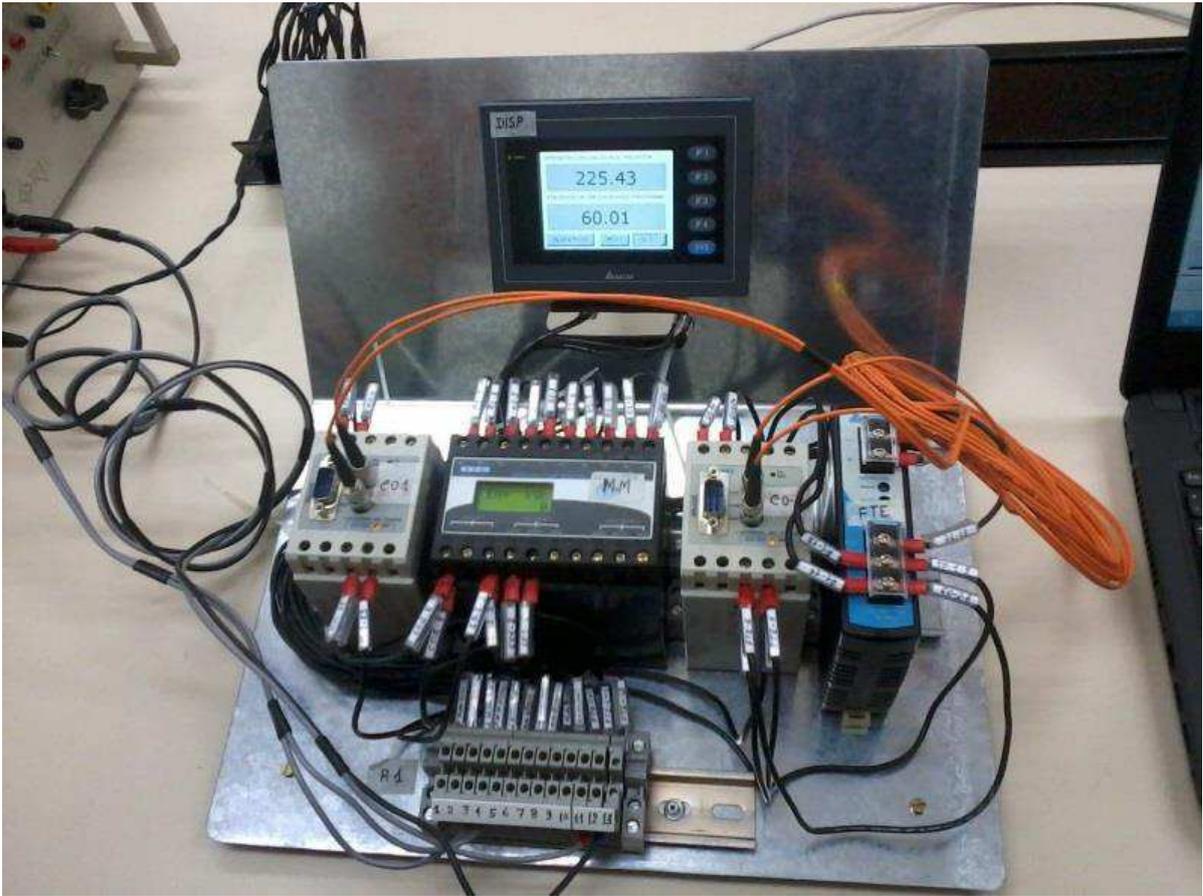


Figura 18 – Projeto Mecânico dos componentes para testar a solução



Figura 20 – Tela utilizada para teste de validação.

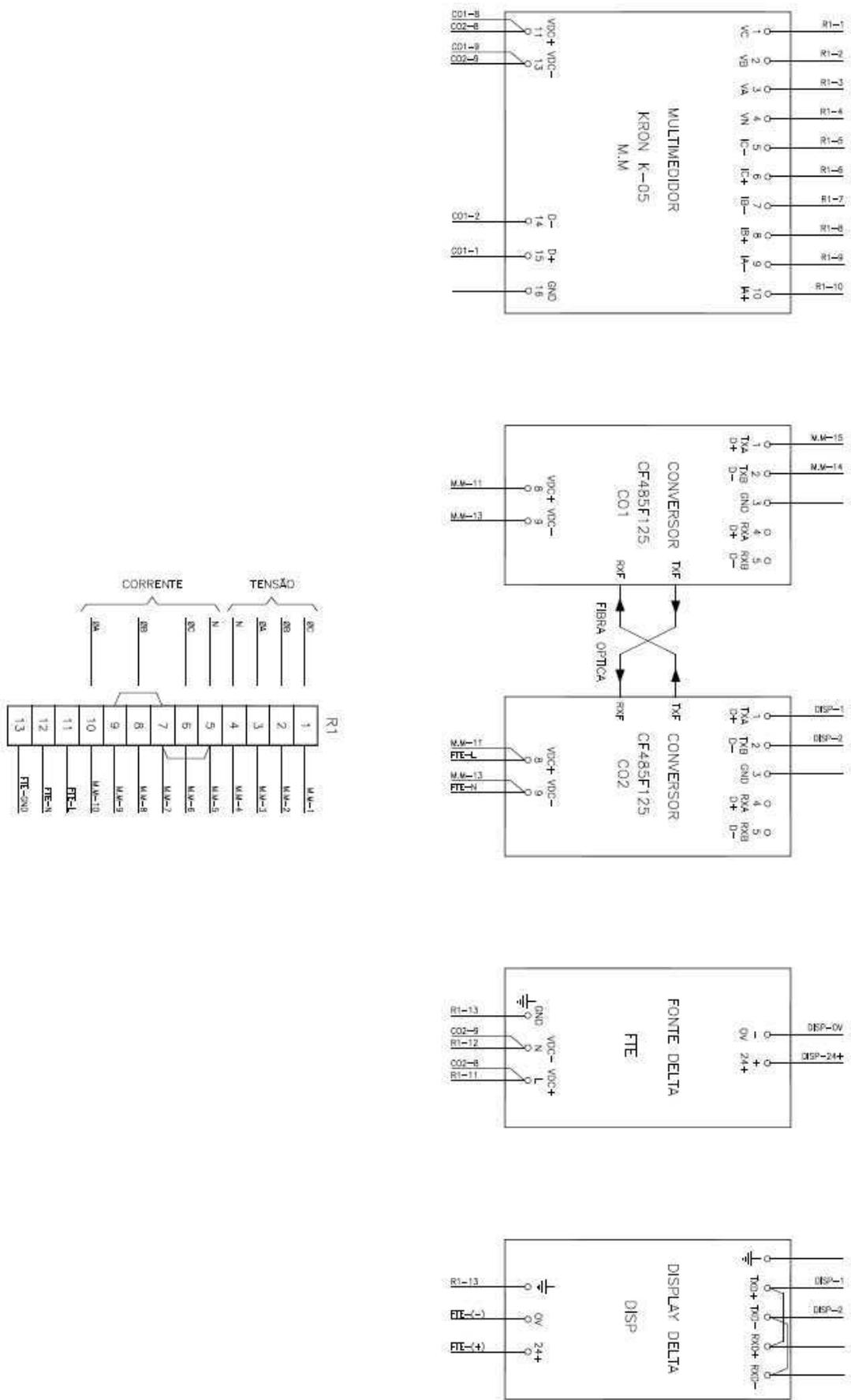


Figura 19 – Esquema elétrico das conexões de alimentação e comunicação.

As *macros* são programas que rodam no display com o objetivo de realizar alguns ajustes de lógica ou matemáticos, assim como transferência e conversão de dados. Foi necessário o uso de *macros*, pois o display e o multimedidor são de famílias diferentes de processadores e os dados são salvos na memória de forma distinta. No *display* é utilizado um processador RISC que salva os dados no formato *little-endian*; enquanto que no multimedidor foi utilizado um processador que salva os dados no formato *big-endian*. A Figura 21 exemplifica a diferença entre essas duas formas de salvar dados na memória.

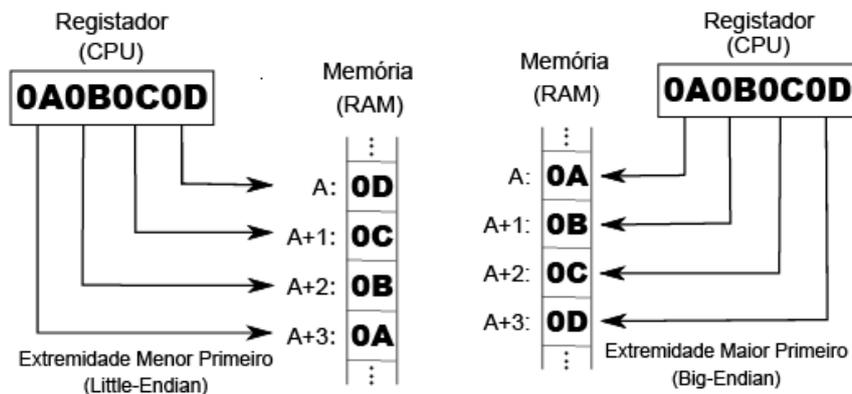


Figura 21 – Formas de salvar e acessar a memória em diferentes processadores.

A macro utilizada foi uma macro cíclica, que se repete a um tempo predeterminado pelo usuário de forma a atualizar os dados no display. O tempo de atualização foi configurado em 300 ms e o código utilizado pela macro encontra-se na caixa de texto abaixo.

```
#FAZ A LEITURA DE QUATRO POSIÇÕES DE MEMÓRIA
#A PARTIR DA MEMÓRIA W30015 NO MULTIMEDIDOR DE ENDEREÇO 254
#E TRANSFERE PARA A POSIÇÃO DE MEMÓRIA INTERNA $10 DO DISPLAY
BMOV($10, 254@W30015, 4)
#
#FAZ O SWAP ENTRE OS BYTES DA WORD NA POSIÇÃO $10 E $11
#E SALVA NAS POSIÇÕES $16 E $17
SWAP($16, $10, 1)
SWAP($17, $11, 1)
#
#FAZ O SWAP ENTRE OS BYTES DA WORD NA POSIÇÃO $12 E $13
#E SALVA NAS POSIÇÕES $18 E $19
SWAP($18, $12, 1)
SWAP($19, $13, 1)
```

Os dados enviados pelo multimedidor são no padrão IEEE-754 32 bits. Os dados são enviados em formato HEXADECIMAL, seguindo a formatação da Figura 22. No display, após receber os dados e fazer o *swap* dos *bytes* para coloca-los no formato *little-endian*, quando usamos um display gráfico temos a opção de mostrar os dados no formato *floating point* e automaticamente eles são apresentados com as características desejadas pelo usuário.

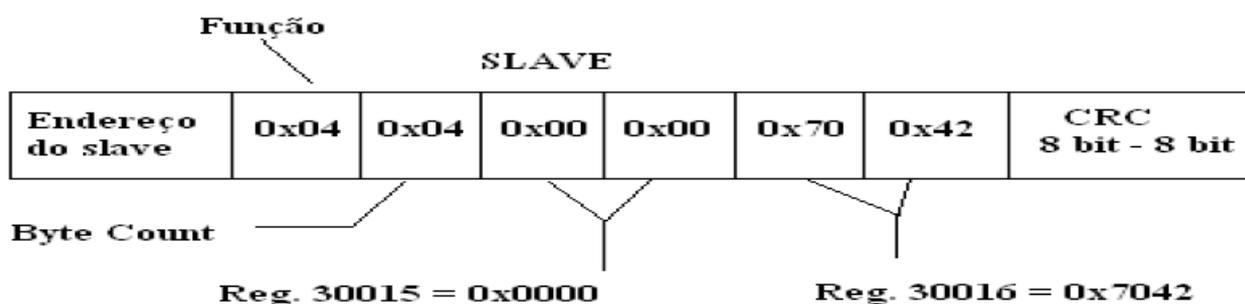


Figura 22 – Formato da mensagem enviada pelo multimedidor.

TAF – Teste de Aceitação de Fábrica

Uma das etapas do *retrofit* é construir, quando verificado que necessário, novos painéis para comportar os relés de proteção e os relés auxiliares. Para a linha de 500 kV 05L8, entre as subestações de Recife Dois e Angelim Dois, foi necessário a construção de quatro novos chassis, dois para a subestação RCD e outros dois para a subestação de AGD. A Figura 23, apresenta o processo de construção desses chassis no laboratório da Interest.



Figura 23 – Processo de construção dos chassis de proteção da 05L8 na oficina da Interest.

Após a conclusão da construção dos painéis eles são inspecionados pela CHESF em dois testes, o primeiro é o Programa de Inspeção e Testes (PIT), onde são verificados o correto anilhamento dos contatos, as condições físicas e testados o nível de aterramento do painel. O segundo teste é o Teste de Aceitação de Fábrica (TAF), ele tem como principal objetivo checar o correto funcionamento do relé de proteção após ter sido programado com a sua lógica de proteção e com suas ordens de ajustes. São conferidos todos os potenciais e contatos dos relés auxiliares previstos em projeto e também os sinais de comunicação entre relés e módulos adicionais, caso existam no painel.

O TAF para os painéis da linha 05L8, que liga as subestações de Recife II e Angelim II foi realizado no período de 02/09 a 10/09, no laboratório de automação da DOAL na CHESF, durante os dias úteis, no horário das 8h às 12h e das 14h às 17h. Foi realizado pela equipe de testes e comissionamento da Interest Engenharia, composta por Luiz Claver Grilo e Jamilly e Josemir, em conjunto com a equipe da Chesf, composta por Lenilson, Jeferson e Antônio Carlos.

Para realização do TAF são necessários alguns equipamentos, que foram fornecidos tanto pela equipe da Interest quanto pela CHESF. Os equipamentos utilizados foram:

- Fonte de tensão de 125 V_{DC};
- GIGA de Testes;
- Caixa de testes Omicron 356;
- Caixa de testes Dobler;
- Computador com softwares dos relés e das caixas de testes;
- Cabos de conexão serial e conversores USB para serial;
- Alicates, chaves de fenda e fios.

No primeiro dia de testes foram divididos as tarefas, sendo a equipe Interest responsável por executar o TAF no painel principal de RCD e no painel principal de AGD. As equipes da CHESF realizaram os TAF nos painéis secundário de RCD e secundário de AGD. Além da divisão de tarefa os testes iniciais de conferência de potenciais e consequente energização dos painéis foi realizado. Em seguida a comunicação com os relés foi estabelecida e a lógica definitiva, juntamente com a ordem de ajuste, fornecida pela CHESF, foram implementadas. Ainda foi possível forçar as

binárias de saídas dos relés e “amarelar”, ou seja passar o marca texto nos contatos e seus caminhos no diagrama funcional do projeto, indicando que já foram verificados.

No segundo dia de atividades a GIGA de testes foi conectada aos contatos da régua do painel, conforme Figura 24. Como explicado anteriormente, a GIGA tem como objetivo simular contatos de entradas digitais, proveniente de seccionadoras e sensores dos equipamentos e o funcionamento de dois disjuntores, para simular circuitos de religamento e abertura e fechamento mono e tripolar. Após os testes para verificar o correto funcionamento da GIGA, foi conectada a caixa de testes. A caixa de testes é basicamente uma fonte de tensão e corrente alternada ajustável muito potente, que tem por objetivo injetar sinais no relé de forma a simular faltas fase-neutro, fase-fase ou trifásica. Com a ligação da caixa de testes ao painel, verifica-se no relé a correta medição dos valores de tensão e corrente e também os caminhos das régua de entrada até os contatos dos relés.

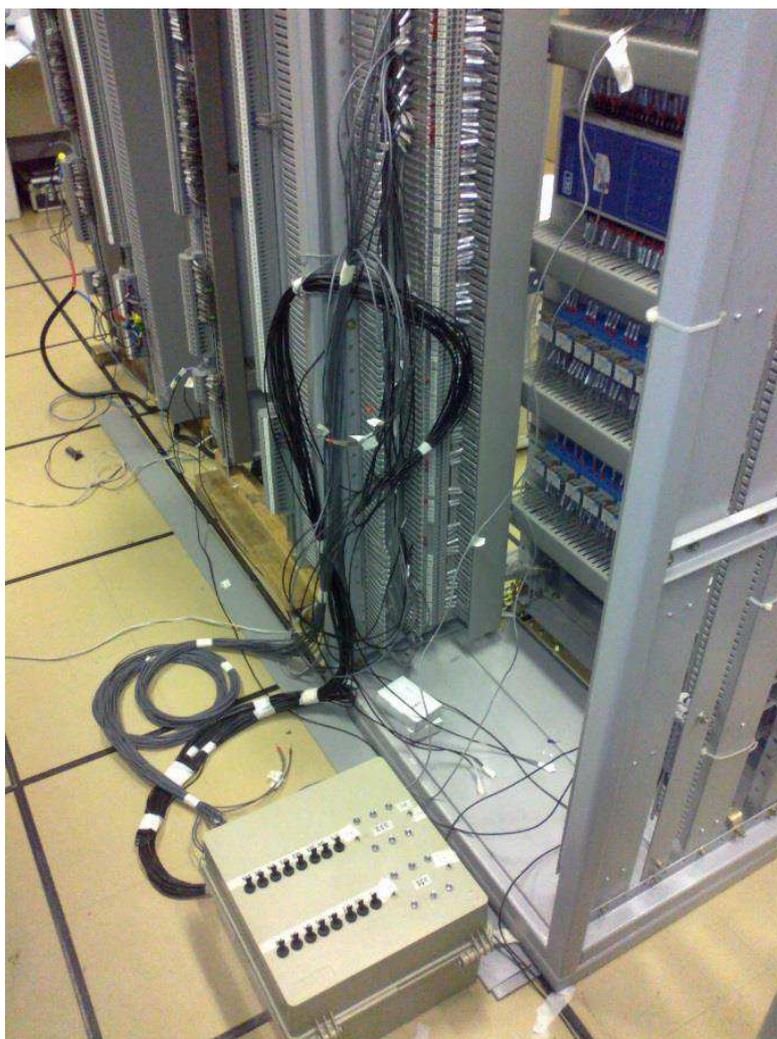


Figura 24 – Testes realizados com a GIGA de testes no TAF.

Do terceiro dia em diante os testes se concentraram em verificar o correto funcionamento das funções de proteção que estavam ativadas no relé, alguns exemplos de funções ativadas e que foram testadas são a proteção de distância com quatro zonas, sobrecorrente, sobretensão, *switch-onto-fault (SOFT)*, recepção de sinais de teleproteção em quatro canais, religamento mono e tripolar, automático ou manual através da seleção das chaves de religamento.

A medida que os testes eram executados um funcionário da CHESF avaliava os resultados e confirmava a correta execução do teste, dando por concluída a verificação daquela função de proteção. Ao fim do TAF uma planilha contendo todas as funções e procedimentos testados era entregue a CHESF juntamente com um relatório da realização dos testes, onde são dispostos os erros verificados, como foram corrigidos e por ventura outras pendências que não foram corrigidas que devem ser implementadas em campo, por exemplo a troca do nome nas plaquetas de identificação dos relés.

Após a conclusão dos testes o estagiário foi responsável por acompanhar o processo de entrega dos painéis nas respectivas subestações. Em Recife II (RCD) os painéis foram embalados com plástico bolha e carregados no transporte e seguiram para a subestação (Figura 25). Para Angelim II (AGD) de forma similar os painéis foram embalados e fixados no transporte, pois a viagem era mais longa e o procedimento requereu mais cuidado. Seguimos viagem até a cidade onde os painéis foram descarregados com auxílio de um caminhão MUK.

Levantamento de Campo - Subestação Jardins

O *retrofit* é uma atividade programada pela CHESF para atualização do sistema de proteção de subestações, promovendo a substituição dos antigos relés eletromecânicos e digitais por IEDs modernos com mais recursos de monitoramento e controle e principalmente maior confiabilidade.

Portanto, para o correto desenvolvimento de um projeto elétrico de um *retrofit* umas das atividades programadas é o levantamento de campo, que tem como principal objetivo obter informações do atual funcionamento da subestação, coletando informações sobre desenhos existentes, mídias digitais de projeto, mudanças realizadas, bases de dados dos sistemas supervisórios, informações sobre necessidade de trocas de componentes, equipamentos ou cabos; necessidade de instalação ou criação de nova infraestrutura.



Figura 25 – Transporte dos painéis até as respectivas subestações, após a conclusão do TAF.

A subestação de Jardins está localizada no município de Aracaju, capital do estado de Sergipe. Na subestação existem pátios de 500 kV, 230 kV e 69 kV. O *retrofit* programado para essa subestação envolve a linha 05V6, de 500 kV, que tem sua terminação na subestação de Xingó.

O levantamento de campo teve início com uma viagem de Recife para Aracaju, realizada no dia 12/08/2013, com uma equipe de três pessoas, composta por: Luiz Grilo, Luiz Roberto e Johns Gutemberg. Ao chegar à cidade de Aracaju, foi alugado um carro e o deslocamento a subestação foi iniciado. Chegando a subestação fomos recebidos pelo técnico da CHESF Wagner, que nos fez uma breve apresentação da estrutura da subestação, da sala de comando, da localização dos pátios e nos passou informações sobre procedimentos de segurança a serem seguidos durante a visita a subestação energizada.

A primeira coisa que foi requisitado foram os desenhos existentes da subestação para serem providenciadas cópias impressas para auxiliar no desenvolvimento dos

projetos. Essa é uma etapa minuciosa pois por lei os desenhos não podem sair da subestação, mas durante o pequeno intervalo, principalmente durante o dia as cópias foram providenciadas. Esses desenhos são de suma importância pois são o retrato do atual funcionamento da subestação e é a partir deles que as modificações necessárias para o *retrofit* são executadas.

Dando sequência ao levantamento de campo, fomos visitar a cabana de 500 kV, onde estavam localizados os painéis dos relés de proteção da linha 05V6. São relés modelo A.L.P.S. da *General Electric*. No painel também existe duas unidades de controle, modelo C60, também da GE, conforme Figura 25. É imprescindível o uso de uma máquina fotográfica para registrar todos os detalhes dos painéis, pois como o *retrofit* é da proteção, apenas o relé de proteção será substituído e a unidade de controle e demais componentes do chassi serão mantidos. Portanto cada espaço livre do painel, cada ponto livre nas réguas de bornes, cada cabo existente deve ser fotografada para futuras consultas.



Figura 26 – Painel de proteção principal da 05V6.

Foi identificado que na SE JDM a comunicação entre os relés e a sala de comando se dá através de protocolo IEC 61850, um protocolo de comunicação digital de troca de mensagens padronizado para uso em subestações. Esse protocolo roda em meio físico fibra óptica misto com ethernet, em uma rede anel. Para chegar à sala de comando, as fibras que saem da cabana de 500 kV passam pela cabana dos autotransformadores, onde alimentam *switches* que levam até a sala de comando. Na sala de comando os sinais chegam a um painel que contém a estrutura de hardware do SAGE, o sistema supervisorório que roda na subestação.

Essa informação foi importante para elaboração do diagrama de arquitetura da subestação, conforme Figura 26, e conseqüentemente o projeto de comunicação dos novos relés de proteção com o SAGE. O relé que será utilizado é o SEL 421, ele tem suporte para comunicação IEC 61850 e as fibras serão inseridas em um novo *switch* instalado na rede existente descrita anteriormente, que roda em duplo anel.

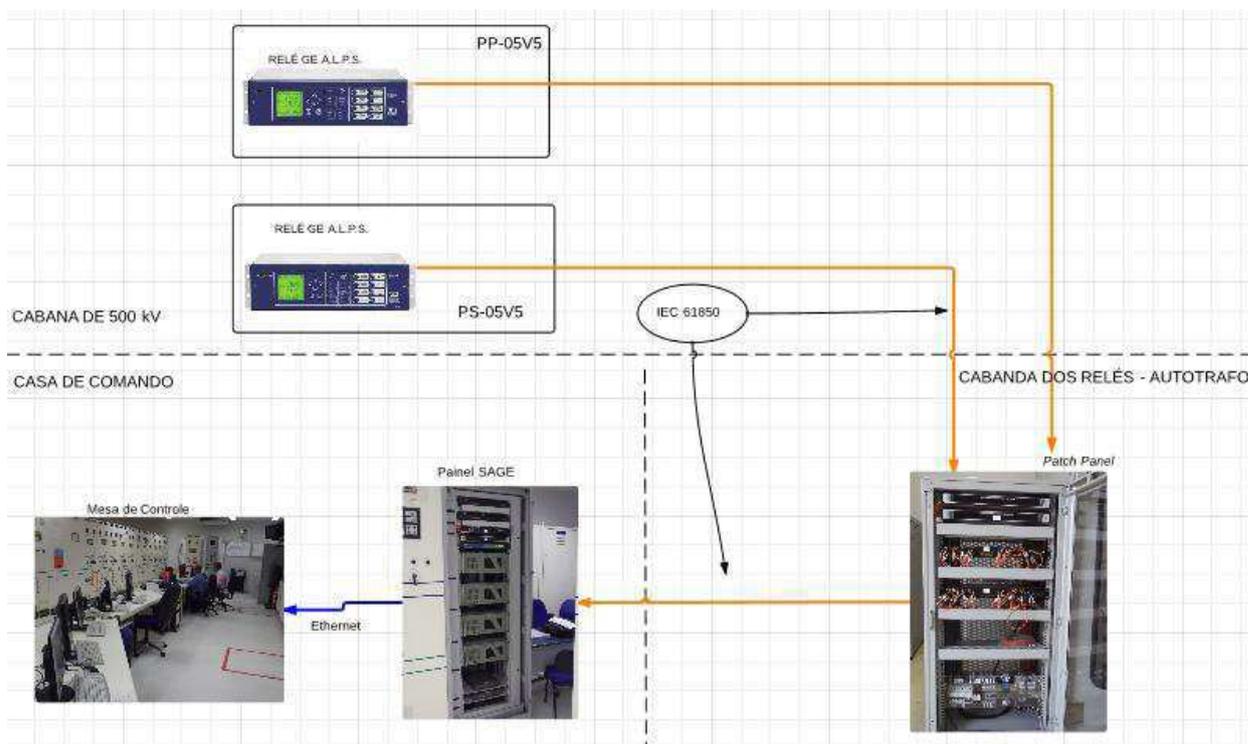


Figura 27 – Diagrama de arquitetura digital para subestação JDM.

Outra informação levantada na visita técnica foi sobre a dificuldade de comunicar a rede 61850 com a rede proprietária da GE. Essa impossibilidade resultou na decisão de

passar as informações das unidades de controle GE para os relés SEL através de contatos digitais. Como não existem muitos pontos de entrada e saída disponíveis, algumas funções, como por exemplo falha de disjuntor, continuam sendo executadas pela unidade de controle GE.

Finalmente, uma última atividade realizada foi a abertura das caixas de interligação dos TCs e TPs para verificar o estado de conservação dos cabos, Figura 27. De acordo com a necessidade esses cabos devem ser trocados e em alguns casos toda a placa das caixas. No caso das placas de TP muito antigas, que não possuem disjuntores do tipo *QuickLag*, essa substituição é necessária. Após a inspeção foi constatado que não será necessário substituir nenhum cabo ou placa para a subestação.

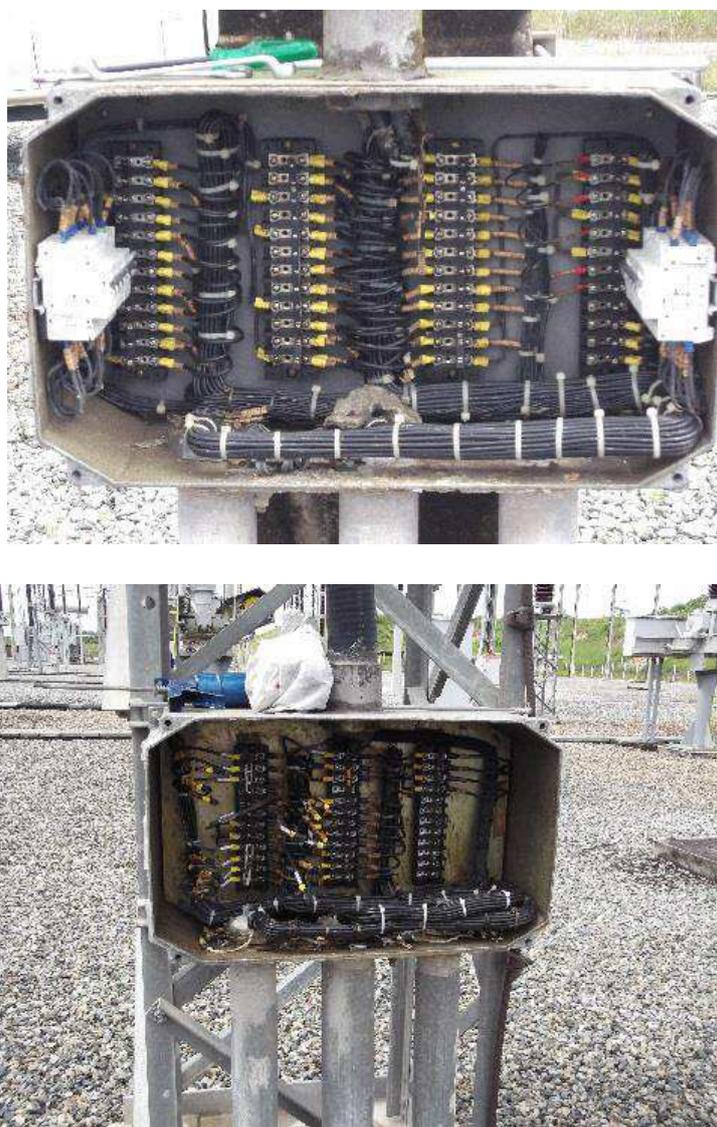


Figura 28 – Algumas fotos das caixas de TP e TC abertas e seu estado de conservação.

Após o retorno da visita técnica à subestação, foi elaborado um relatório a ser enviado à CHESF, respondendo um questionário de 25 perguntas sobre a estrutura existente e as possíveis modificações necessárias.

Aplicações no SAGE

O CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica) vem atuando na área de supervisão e controle de sistemas elétricos praticamente desde a sua fundação, em 1974. Em 1991, o CEPEL decidiu reunir a ampla experiência existente para promover o desenvolvimento do SAGE (Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia) que além de implementar a fundo as características de sistemas abertos da segunda geração de centros de controle (ainda em fase de concepção na época), seria projetado para atender às particularidades do sistema elétrico brasileiro.

O Sistema Digital de Medição, Proteção, Comando, Controle e Supervisão (SDMPCCSR) é composto dos seguintes níveis hierárquicos e componentes principais:

- Nível 0 - É considerado o nível de campo, onde se encontram propriamente os equipamentos: chaves seccionadoras, disjuntores, reatores, transformadores e outros equipamentos da subestação.
- Nível 1 - São os equipamentos que irão controlar e monitorar os equipamentos do Nível 0. Podem-se listar os relés de controle, proteção e supervisão, e os CLPs, que têm a função de receber os dados do Nível 0, enviar comandos ao Nível 0, encaminhar e receber informações do Nível 2, além de realizar intertravamentos.
- Nível 2 - Nível relativo à operação da subestação. O Nível 2 é responsável pela monitoração e controle da subestação sem a necessidade de se deixar a sala de controle. Todas as informações necessárias aos centros remotos de operação são disponibilizadas a partir do Nível 2, bem como o encaminhamento dos comandos do centro remoto ao Nível 1.
- Nível 3 - Nível de supervisão e controle remoto externo à subestação, como é o despacho Centro de Operação Regional (COR), Centro de Operação Superior (COS), Operador Nacional de Sistema Elétrico (ONS). Através de equipamentos de telecomunicações os dados da subestação são enviados aos Centros Remotos de Operação e Controle fazendo assim com que dados de diversas subestações de uma região possam ser agregados a um único sistema de supervisão e controle.

A CHESF iniciou a informatização dos seus principais centros de controle no início da década de 80. A partir de 1996, com a necessidade de modernização e ampliação dos centros, a empresa optou por usar o SAGE para a supervisão e controle dos níveis dois e três.

A comunicação de dados é desempenhada por módulos que permitem a ligação do SAGE com uma variedade de equipamentos de campo, Unidades Terminais Remotas (UTR) ou Controladores Lógicos Programáveis (CLP) e com centros de controle regionais ou de sistema (COR e COS), através de protocolos proprietários ou padronizados como IEC 870-5, DNP 3.0, IEC 60870-5, TCP/IP etc.

Os procedimentos para a configuração do SAGE incluem as seguintes etapas:

- Banco de Dados: carregamento dos dados em um ambiente on-line, gerando a Base de Dados Fonte e a partir desta a Base de Dados Referência (imagem da Base de Dados Tempo Real em disco);
- Telas: edição de telas e associação dos seus pontos dinâmicos com a Base de Dados Referência;
- Interface Gráfica: configuração do controle de acesso, das fontes, das cores, das telas e dos relatórios.

Como o SAGE é baseado no sistema aberto Linux, tivemos que instalar uma máquina virtual no notebook da empresa. O acesso a interface gráfica do SAGE é obtido através do Visor de Acesso. A identificação do usuário é feita digitando-se um *login* e uma senha, conforme indicado na Figura 29.

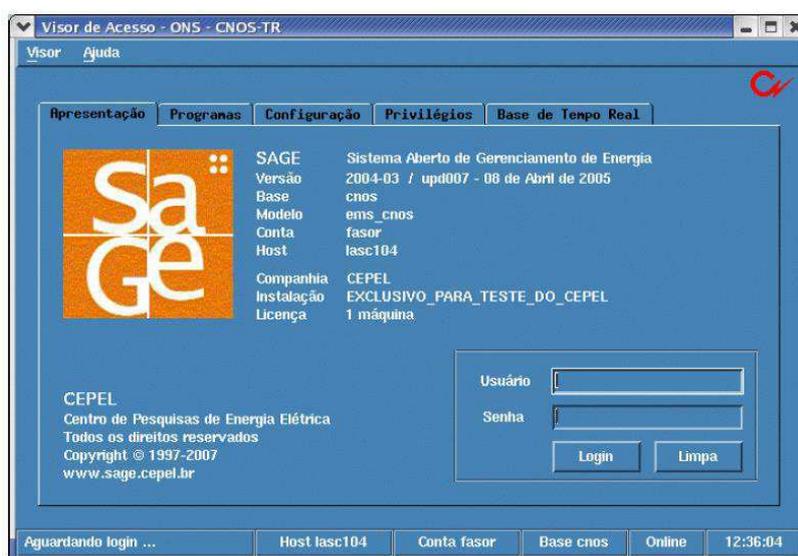


Figura 29 – Visor de acesso do SAGE.

Ao acionar a opção Programas do Visor de Acesso é apresentada ao usuário uma lista de programas da interface gráfica (Figura 30). Os mais utilizados normalmente são: Visor de Telas, Visor de Alarmes e Editor.



Figura 30 – lista de programas do SAGE.

A Base Fonte do SAGE utiliza um modelo de dados relacional. Uma base de dados relacional é modelada através de entidades, atributos e relacionamentos entre entidades.

- Entidade: é um ente abstrato que caracteriza um ponto fundamental para a organização das informações em uma Base de Dados Relacional, ou seja, é algo sobre o qual se deseja armazenar informações;
- Atributo: é o nome dado a uma característica da entidade, isto é, os atributos de uma entidade definem as informações que se deseja armazenar sobre ela;
- Relacionamento: é a maneira pela qual duas entidades estão associadas.

A programação ou construção de uma base, é feita escrevendo as tabelas (arquivos de texto .dat). Aprendemos então os comandos para:

- Criar uma base – *cria_base [nome da base]*
- Habilitar uma base – *habilita_base [nome da base]*
- Compilar uma base - *AtualizaBD fria fonte*
- Ativar uma base – *ativa_gcd*

Também nos foi ensinado como utilizar a interface gráfica Base de Dados para realizar os procedimentos descritos acima de forma mais intuitiva em alto nível, tendo acesso a uma tela de logs com os erros e alertas emitidos. No caso de projetos de *retrofit*, algum ponto novo pode ser implementado na subestação. Assim, aprendemos a editar pontos antigos e a criar pontos novos na Base de Dados do SAGE.

Conclusão

O sistema elétrico brasileiro está em processo de renovação. É um dos maiores sistemas interligados de energia do mundo, o que faz com que novos problemas sejam encontrados frequentemente. A área de proteção do sistema elétrico em conjunto com a automação das usinas e subestações é uma formação profissional bem específica que é bastante requisitada no mercado de trabalho, sendo inclusive difícil encontrar profissionais qualificados para atuação, principalmente na região nordeste, onde a maioria das empresas atuantes vem da região sul ou do exterior.

A realização do estágio na empresa Interest Engenharia foi de suma importância para a complementação da formação de engenheiro eletricitista. Atuar como engenheiro de campo na área de automação de subestações e proteções de sistemas elétricos foi desafiador e ao mesmo tempo de imenso aprendizado, pois permitiu conhecer uma nova vertente da profissão e me qualificar para atuar em uma área de grande desenvolvimento no país e com carência de mão de obra especialista.

A formação especialista em controle e automação foi de suma importância para realização do estágio, pois conceitos aprofundados para atuação com relés digitais e sistemas supervisórios já haviam sido estudados em disciplinas ministradas nessa ênfase do curso. Muito mais importante foi a formação generalista ministrada pelo curso de engenharia elétrica da UFCG. Possuir conhecimento básico sobre conceitos de eletrotécnica e sobre noções de telecomunicações permitiu uma rápida adaptação e facilidade no entendimento do funcionamento do sistema e na implementação de soluções desenvolvidas ao longo do estágio.

Bibliografia

- [1] ABB. Application Manual RED 670. ABB, S.I., 2007.
- [2] AGUIAR, H.M.G.; SILVEIRA, H.; CANANÉA, R FARSOON, R.; PEREIRA, V. - Modernização Tecnológica do Sistema de Gerenciamento de Energia da Chesf - XIII SNPTEE, 1995.
- [3] AREVA T&D, MiCOM Differential Busbar Protection Relay - Technical Manual P74x/EN M/J74, 2009.
- [4] CEPEL. Desenvolvimento de uma Nova Geração de Centros de Controle. Especificação Funcional, 1992.
- [5] COURRY, D. V. Introdução aos Sistemas Elétricos de Potência. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, 2007.
- [6] KINDERMANN, Geraldo. Proteção de Sistemas Elétricos de Potência- Vol. 1, 2 ed. UFSC, Florianópolis, 2005.
- [7] SEL. Instruction Manual, -421-4, -5 Relay Protection and Automation System.
- [8] SILVA, Márcio Gabriel Melo. Avaliação do Desempenho de Relés de Proteção Digitais. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2012.