



**XX SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
22 a 25 Novembro de 2009
Recife - PE

GRUPO V

**GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO
EM SISTEMAS DE POTÊNCIA - GPC**

**SISTEMA DE INTEGRAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO E REGISTRO (ESIP): CONCEITOS,
ARQUITETURA E IMPLANTAÇÕES**

LUIS FERNANDO PASSOS ECIL JOSÉ FERNANDO SEIXAS MESQUITA CHESF EMÍLIO CÉSAR NEVES RODRIGUES ISA-CTEEP CELSO GARCIA LELLIS JR. ECIL PAULO ANDREUS ECIL

RESUMO

Este artigo descreve as características da solução em implantação na CHESF e na ISA-CTEEP, que objetiva integrar os Dispositivos Digitais de Proteção e Controle, também conhecidos por IED (Intelligent Electronic Device) pertencentes ao sistema de transmissão de energia, proporcionando as condições adequadas para o acesso remoto aos registros de falta e a parametrização.

É descrito detalhadamente os principais módulos, ferramentas de desenvolvimento, interfaces, gerenciadores de documentação e parametrização, a pré-análise de registros oscilográficos baseada na linguagem CAL (Comtrade Analysis Language) e arquitetura do sistema.

PALAVRAS-CHAVE

Oscilografia, Parametrização, Relés, Vídeo, Integração.

1.0 - INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas para a integração de equipamentos de proteção e registro (relés e registradores digitais de perturbações) é a heterogeneidade existente nas concessionárias de transmissão e distribuição de energia elétrica. Em geral, a causa desta heterogeneidade é originada pelos processos de aquisição realizados em diferentes épocas e pela falta de padronização por parte dos fabricantes de equipamentos. Esta diversidade de modelos propicia uma grande dificuldade de integração entre produtos de diferentes fabricantes que possuem diferentes protocolos e formas de acesso. Adicionalmente, os dispositivos de proteção e registro desenvolvidos com protocolos abertos não suportam todas as funcionalidades necessárias para atender integralmente as necessidades da concessionária como, por exemplo, o acesso à leitura e escrita em arquivos de parametrização e a coleta de eventos e dados de oscilografia.

A adoção da Parcela Variável, definida pelo ONS em sua resolução normativa 270 de 26 de junho de 2007, tornou imprescindível a introdução de sistemas de gestão que possibilitem aos operadores e mantenedores obterem, de forma automática e rápida, informações relacionadas a perturbações no sistema elétrico, bem como, interagir remotamente, possibilitando o rápido restabelecimento das condições operativas do sistema.

A necessidade de um eficiente sistema centralizado para o gerenciamento de ativos de proteção e registro torna-se mais evidente quando a concessionária tem um significativo número de equipamentos instalados nas suas subestações. Neste contexto, se faz necessária a implantação de sistemas de gerenciamento adequados que supervisionem as diversas funcionalidades e parametrizações de todos os dispositivos de proteção e registro instalados no sistema elétrico das concessionárias. Desta forma as empresas podem garantir que os esquemas de

proteção concebidos pelos especialistas de estudos elétricos estão graduados de forma adequada para assegurar o desempenho desejado.

A função principal do Sistema de Integração de Dispositivos de Proteção e Registro (eSIP) desenvolvido pela Ecil Informática é prover a integração de todos os dispositivos de proteção e registro de diversos fabricantes e modelos dentro de uma plataforma de rede WAN/LAN com diversos requisitos e procedimentos de segurança. O sistema eSIP possibilita a criação de uma base de dados unificada para análise do desempenho dos sistemas de proteção e automação em operação, permitindo um amplo gerenciamento dos ativos de proteção e registro da concessionária. Outro importante recurso é a padronização do acesso remoto aos dispositivos de proteção e registro, independente do modelo de equipamento a ser acessado, dispensando eventuais deslocamentos de equipes especializadas e mesmo a necessidade de mão de obra técnica treinada para cada equipamento específico.

O sistema eSIP foi desenvolvido levando-se em consideração a heterogeneidade de equipamentos existentes de campo, buscando utilizar ferramentas de desenvolvimento que flexibilizem a sua adequação a cada uma das situações a serem solucionadas. Para o usuário do sistema, o ambiente computacional é uma ferramenta de configuração e visualização unificada. O sistema tem como premissa a existência na concessionária de uma rede de comunicação LAN integrada à rede WAN no padrão Ethernet. Deste modo, é possível disponibilizar acesso remoto a todas as subestações da concessionária, provendo um ponto de rede em cada casa de relés. Em função das características do sistema, a Ecil baseou seu desenvolvimento em diversas ferramentas computacionais, cada qual adequada a uma situação específica. Como premissa básica na seleção destas ferramentas, tomou-se como base a utilização de softwares com larga aplicabilidade no mercado de tecnologia de informação. Isto permite à concessionária ter total independência do desenvolvedor no futuro, podendo inclusive utilizar seu quadro funcional para modificações ou aprimoramentos no sistema implantado

2.0 - ARQUITETURA DO SISTEMA

2.1 Definição das arquiteturas de rede

Aqui vemos uma diferença importante nos projetos da implantados na CHESF e ISA-CTEEP. No projeto SICAR (denominação da ISA-CTEEP), a montagem de infra-estrutura de rede não foi pensada de forma exclusiva para o sistema SICAR, e sim, como uma infra-estrutura de comunicação a ser utilizada por todos os sistemas de proteção e registro, criando a chamada Rede Lógica de Pátio, onde, todas as casas de controle e de relés foram contempladas com dispositivos de comunicação que seguiram as premissas estabelecidas pela norma IEC-61850.

Os terminais servers, conversores óticos, switches, roteadores e cabeamento lógico estruturado em fibra ótica atenderam plenamente a norma IEC-61850, em seu capítulo IEC 61850-3, relacionado à suportabilidade a interferências eletromagnéticas e protocolos lógicos de controle (GOOSE, VLAN, RSP, etc).

O anel principal entre as casas de relés e as salas de controle (ver Figura 1), foi implementado em link de 1 GB, ótico, por meio de fibra ótica monomodo, sendo que, as conexões com os diversos dispositivos internos de comunicação e eventuais IED's foram realizadas por conexão 100 MB, ótica, multimodo ou monomodo, dependendo do dispositivo a ser interligado.

Em cada uma das salas de controle e de relés foi prevista a instalação de um switch com número de portas suficiente para a conexão dos dispositivos de proteção e registro a serem integrados ao sistema. O número de portas poderá ser ampliado no futuro para abrigar outros equipamentos que farão uso desta mesma infra-estrutura de comunicação.

Desta forma, além do sistema SICAR, outros serviços no futuro se basearão nesta mesma rede. Entre eles a integração de relés de proteção no padrão IEC-61850 onde, mensagens GOOSE circularão entre diferentes salas de relé, possibilitando a criação de estratégias de proteção integrada.

Esta Rede de Pátio foi integrada a rede WAN da CTEEP, por meio dos roteadores instalados nas Salas de Controle, possibilitando implantar serviços como VOIP (Voz sob IP) para comunicação entre subestações e regionais, monitoração por câmeras IP, e outros ainda não previsto.

O alto custo dos dispositivos compatíveis com a norma IEC-61850 pode ser uma barreira para adotar esta arquitetura. Como, o atendimento a esta norma não é premissa para o funcionamento de sistemas de coleta, com as características dos sistemas aqui apresentados, as concessionárias poderão adotar uma arquitetura convencional de redes LAN.

O projeto VITAL (denominação dada pela CHESF) optou pela criação de uma rede LAN convencional de acesso aos dispositivos de proteção, que teve como objetivo unicamente a transmissão das informações de eventos e parâmetros para atender as necessidades do sistema implantado.

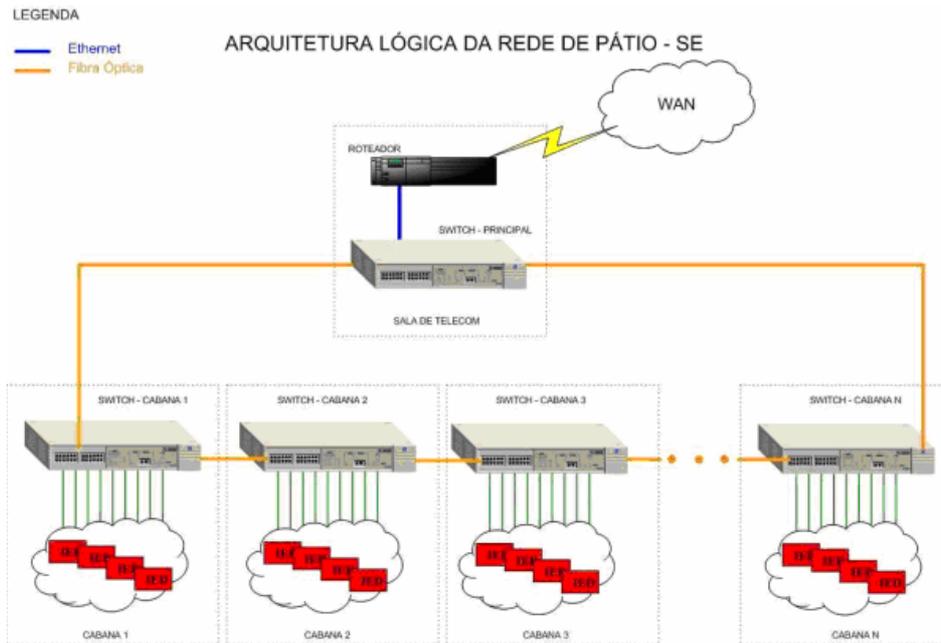


FIGURA 1 – Anel ótico entre as cabanas – Projeto SICAR- ISA-CTEEP

2.2 Definição das arquiteturas de acesso aos relés e registradores

As subestações, quanto a sua arquitetura, podem ser divididas em 2 grandes grupos : nas subestações mais simples que chamamos de “subestação tipo 1” tanto o painel dos concentradores de coleta quanto os dispositivos de proteção e registro estão todos no mesmo ambiente, não sendo necessário a conexão entre diversas casas de relés (ver Figura 2). Já a “subestação tipo 2” deverá ser prevista a conexão entre as cabanas conforme já descrito anteriormente e a sala de controle, onde teremos os painéis com os concentradores de coleta (ver Figura 3).

Outra diferença entre as soluções adotadas na CHESF e na ISA-CTEEP foi que a CHESF instalou, já em um primeiro momento, câmeras para auxiliar a operação e sensores ambientais para monitoramento de temperatura e umidade nas cabanas.

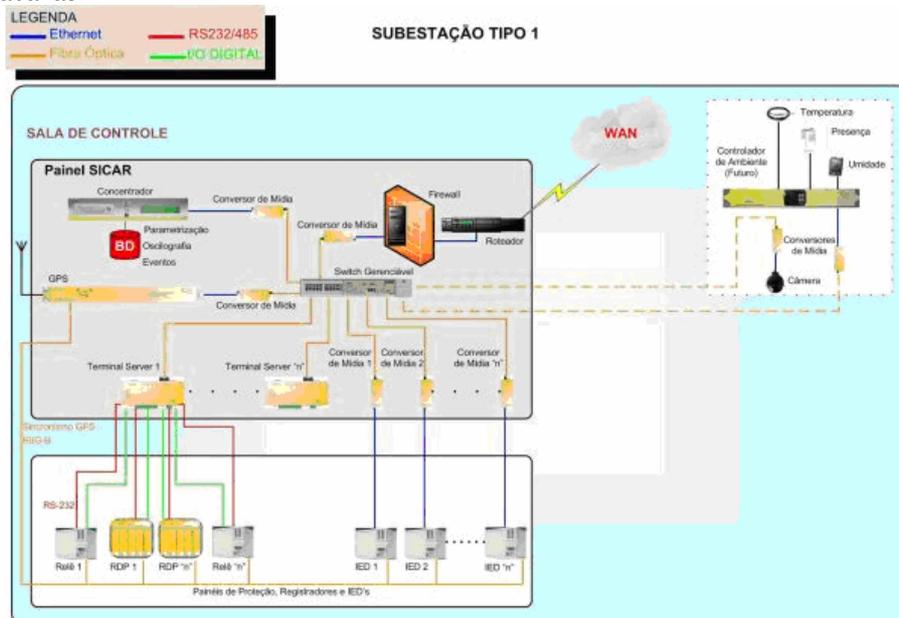


Figura. 2 – Subestação do Tipo 1 onde todos os dispositivos estão na mesma cabana

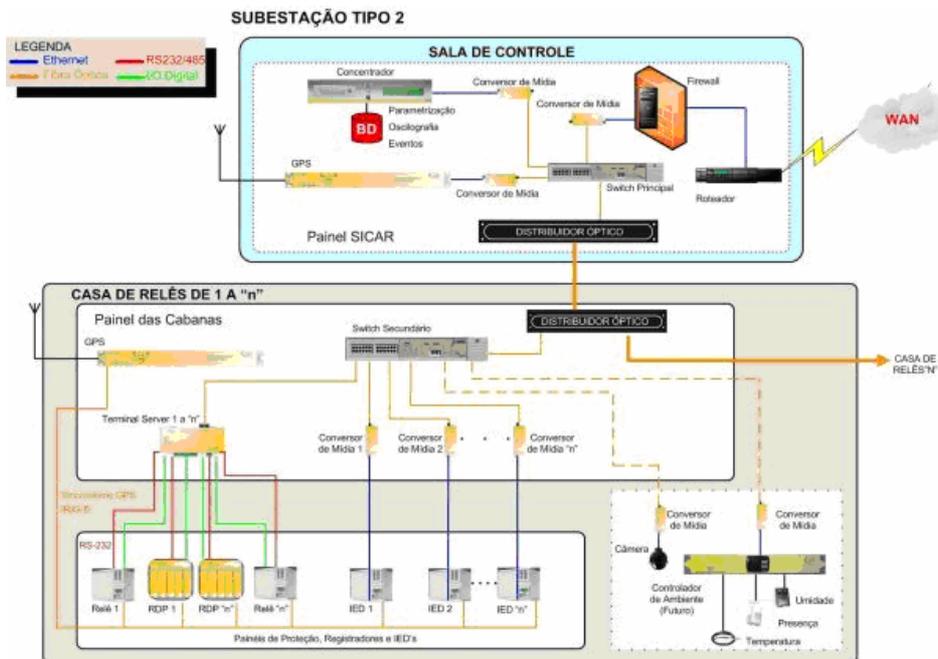


Figura 3 – Subestação do Tipo 2 onde há uma conexão via DIO entre as casas de relés

A arquitetura do CAP (Central de Análise da Proteção) poderá contar com variações, em função da complexidade dos sistemas (quantidade de relés e registradores a serem integrados) e a política de redundância. A configuração mínima poderá ser realizada por apenas um servidor concentrando os serviços de banco de dados, comunicação e WEB, com um segundo servidor fazendo a sua redundância.

O ideal é dividir a carga de trabalho, colocando o banco de dados em uma máquina dedicada, preferencialmente com armazenamento de dados RAID 5. A CHESF optou pela montagem de um CAP central com 4 servidores, sendo 1 como servidor WEB e de Comunicação, 2 servidores de banco de dados com replicação em tempo real e 1 servidor de retaguarda para o servidor WEB e Comunicação.

A ISA-CTEEP preferiu instalar o CAP em duas localidades distintas (CAP e CAP-R) cada uma contando com um servidor WEB e Comunicação, um servidor de Banco de Dados e um servidor de Contingência que poderá assumir o trabalho de servidor WEB e de Comunicação (ver Figura 4).. A replicação na ISA-CTEEP dos dados enviados ao CAP e ao CAP-R é feita em tempo real entre as duas localidades.

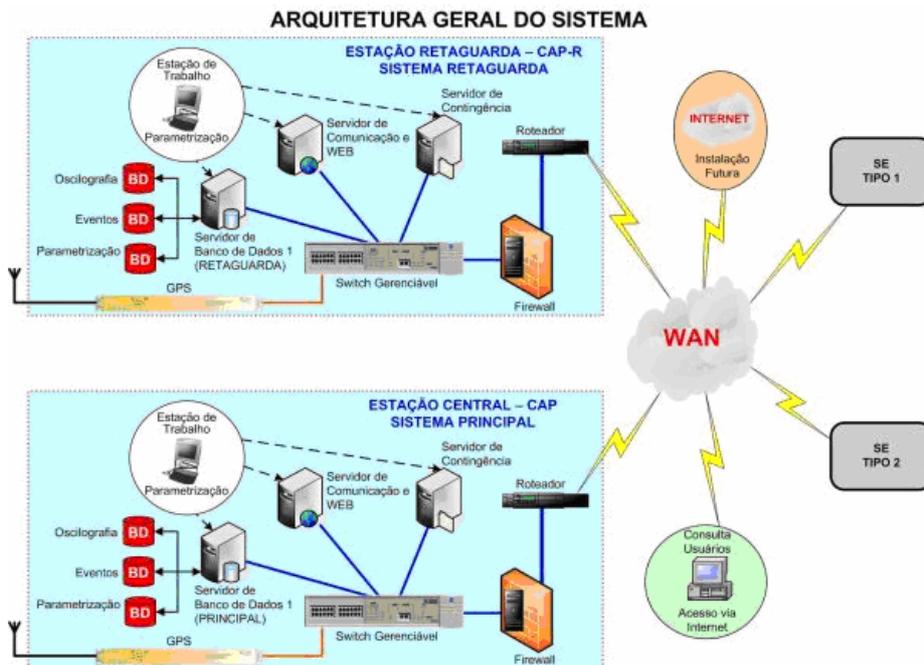


Figura 4 – Arquitetura do CAP e CAP-R do projeto SICAR – ISA-CTEEP

3.0 - DESCRIÇÃO FUNCIONAL DO SISTEMA

Toda a comunicação com os IEDs é realizada pelo Concentrador Local. Os softwares dos fabricantes são instalados neste equipamento. Dependendo do número de IEDs da localidade e da compatibilidade entre os softwares dos IEDs é dividido esta carga em mais de um concentrador. O número definido em ambas as empresas é aproximadamente 20 ieds por concentrador. Neste concentrador é instalado também um software de controle e comunicação chamado EITA e um software de automatismo de teclas chamado eROBO. No caso da Chesf este concentrador possui uma placa para leitura do sinal de IIRIG-B proveniente de um GPS e este concentrador passa a ser também um servidor NTP, usado para sincronizar os terminais servers.

A comunicação com os IEDs pode ser realizada de 2 maneiras : via ethernet ou via comunicação serial. A comunicação via ethernet são para dispositivos mais novos, mas nem sempre a porta ethernet do relé está disponível, usadas prioritariamente pelos sistemas de supervisão e controle. Dependendo do protocolo usado por estes sistemas é possível compartilhar o mesmo endereço IP para a aquisição de oscilografias, eventos e parametrização, mas para equipamentos um pouco mais antigos esta comunicação é proprietária e, portanto é necessário usar uma porta serial livre.

A comunicação via porta serial (RS232/485/422) é realizada via TS (Terminal Server). Para atender requisitos específicos tanto da Chesf quanto da ISA-CTEEP a Ecil desenvolveu seus próprios TS. O equipamento fornecido para Chesf tem 4 portas seriais com conectores DB9 e a porta ethernet é em fibra óptica. Este equipamento é instalado no mesmo painel onde o IED está, portanto a conexão entre o TS e o dispositivo é efetuada por cabo metálico e a conexão do TS ao switch via fibra óptica, para garantir o isolamento galvânico. Já o equipamento fornecido para a ISA-CTEEP as portas seriais são óticas e a porta ethernet é em RJ45. Esta solução foi adotada já que nesta empresa não é possível instalar equipamento nos painéis de proteção, então todos os equipamentos do projeto estão concentrados em um único painel e a conexão entre o IED e o TS é realizada via fibra óptica, com um conversor fibra-RS232/485/422 no painel de proteção.

O software eRobo executa um script criado pelo usuário que controla o software do fabricante como se ele estivesse operando o mesmo. Para tanto foi criado comandos como por exemplo “AbrirAplicativo” que abre o software e “EnviarTeclas” que envia comandos de digitação de teclas para uma determinada janela apresentada na aplicação. Isto cria uma flexibilidade para o usuário mudar e criar novos “drivers” para IEDs. Na Figura 5 abaixo é mostrado um trecho deste script para a comunicação com um IED Areva modelo Px4x.

```

1 # Script: Areva
2 # Modelo: Px4x
3 # Data de Revisao: 07/11/2008
4 # Editado: Luis
5 #
6 #
7 #         Abrir Serial Virtual
8 #
9 #
10 AbrirSerialVirtual %%IPTS%%,%%PORTATS%%,%%COM%%
11 AguardarTempo 2
12 #
13 #         Abrir Aplicativo
14 #
15 #
16 AbrirAplicativo C:\Arquivos de programas\AREVA T&D\MiCOM S1\Courier\S&R-Courier\S&R-Courier.exe,Settings and Records - Courie
17 AguardarTempo 5
18 EnviarTeclas TOPO,(ALTDOWN-)DC(ALTUP-)
19 AguardarJanela Communications Setup,10
20 AguardarTempo 3
21 EnviarTeclas TOPO,(ENTER)
22 RetiraJanela
23 EnviarTeclas TOPO,(ALTDOWN-)D0(ALTUP-)
24 AguardarTempo 3
25 MensagemInesperada Error
  
```

Figura 5 – Trecho de script para comunicação com IED Areva

A comunicação com os IEDs pode ser realizada de 3 formas: Por varredura, que pode ser configurada para ser realizada a cada n minutos, uma vez por semana ou uma vez por mês. Este tipo de leitura é realizado também para verificar o estado da comunicação com os dispositivos. Outra maneira é por solicitação do usuário, onde via interface WEB o usuário faz a requisição da leitura desejada, como mostrada a seguir (ver Figura 6) :

The screenshot shows a web browser window titled 'Aplicações Restritas - Windows Internet Explorer' with the URL 'http://10.140.110.7/vital/menu_restrito/menu_restrito.php'. The page header includes the Chesf VITAL logo and the text 'Sistema VITAL de Integração de Dispositivos de Proteção e Controle'. Below the header is a navigation menu with options like 'Cadastros', 'Consulta', 'Acesso IEDs', 'Parâmetros de IEDs', 'Relatórios', 'Monitoramento', 'Alarmes', 'Administração', and 'Sair'. The main content area is titled 'Acesso IEDs' and features a table with the following data:

Regional	Instalação	Circuito	IED	Concentrador	Modelo IED	Oscilografia	Eventos	Parâmetros	Auditoria	Manutenção	
1	LESTE	MRR	04C4	21P	CONC-MRR	P442	Coleta	Coleta	Coleta	Executa	Não
2	LESTE	MRR	04C4	21S	CONC-MRR	P441	Coleta	Coleta	Coleta	Executa	Não
3	LESTE	MRR	04C5	21P	CONC-MRR	P442	Coleta	Coleta	Coleta	Executa	Não
4	LESTE	MRR	04C5	21S	CONC-MRR	P441	Coleta	Coleta	Coleta	Executa	Não
5	LESTE	MRR	04C6	21P	CONC-MRR	P442	Coleta	Coleta	Coleta	Executa	Não
6	LESTE	MRR	04C6	21S	CONC-MRR	P441	Coleta	Coleta	Coleta	Executa	Não
7	LESTE	FFE	04C3	21	CONC1-FFE	7SA513	Coleta	Coleta	Coleta	Executa	Não
8	LESTE	FFE	04C3	67N	CONC1-FFE	7SJ531	Coleta	Coleta	Coleta	Executa	Não
9	LESTE	FFE	04C4	21	CONC1-FFE	7SA513	Coleta	Coleta	Coleta	Executa	Não
10	LESTE	FFE	04C4	67N	CONC1-FFE	7SJ531	Coleta	Coleta	Coleta	Executa	Não
11	LESTE	FFE	04F3	21	CONC1-FFE	7SA513	Coleta	Coleta	Coleta	Executa	Não
12	LESTE	FFE	04F3	67N	CONC1-FFE	7SJ531	Coleta	Coleta	Coleta	Executa	Não
13	LESTE	FFE	04F6	21	CONC1-FFE	7SA513	Coleta	Coleta	Coleta	Executa	Não
14	LESTE	FFE	04F6	67N	CONC1-FFE	7SJ531	Coleta	Coleta	Coleta	Executa	Não

Figura 6 –Leitura por solicitação do usuário

A terceira maneira é por evento do relé. Neste caso temos duas soluções distintas usadas pelas empresas: a Chesf optou por colocar no TS entradas digitais que são conectadas fisicamente ao IED aquisitando a sinalização de trip ou de partida do dispositivo. Assim, quando ocorre uma atuação do IED, este envia um sinal digital para o TS que é lido pelo Concentrador para a imediata leitura das oscilografias e eventos do relé. Já a CTEEP preferiu ler a informação de desligamento de disjuntores fornecida pelo SAGE. O Servidor de Comunicação fica lendo os logs do SAGE e quando há alguma abertura de disjuntor ele procura no banco de dados a quais IEDs está associado aquele disjuntor e avisa ao concentrador correspondente para ativar a leitura.

Uma vez lido os registros de oscilografia, eventos e parametrização o Concentrador faz um tratamento nos arquivos, compacta e envia para o Servidor de Comunicação. O Servidor de Comunicação checa a integridade do mesmo e grava no banco de dados. Se for um dado urgente (concluído pelo tratamento feito no concentrador) o Servidor de Comunicação envia email e mensagem de texto via celular (SMS) para os administradores do sistema.

Este tratamento é efetuado com a utilização de uma linguagem (CAL) desenvolvida especificamente para este fim. Esta linguagem é basicamente um interpretador de comandos que associa recursos de programação convencional com ferramentas de manipulação de dados extraídos de arquivos no formato COMTRADE. Ela inclui também amplos recursos de manipulação de sinais elétricos, cálculos de fasores, componentes simétricas, etc.

Os dados estão disponíveis para todos os usuários via interface WEB. Esta interface também permite a configuração do sistema e acompanhar alarmes gerados pelos dispositivos envolvidos no SIP.

Além da função de leitura de eventos, oscilografias e parametrização é possível enviar parametrização para o relé. O usuário usando a interface apropriada (Figura 7) faz o upload do arquivo proprietário para o sistema e envia o comando para parametrizar o relé. O servidor de comunicação adquire este arquivo do banco de dados, compacta e envia para o concentrador que está associado ao IED. O EITA, software que roda no concentrador, checa este arquivo e executa o eRobo com o script equivalente para parametrização do relé. Esta funcionalidade está disponível tanto na Chesf quanto na ISA-CTEEP, mas é necessário regulamentar os procedimentos internos para o seu uso. Todos os requisitos de segurança foram testados e validados por ser esta uma funcionalidade importante porém com riscos envolvidos.

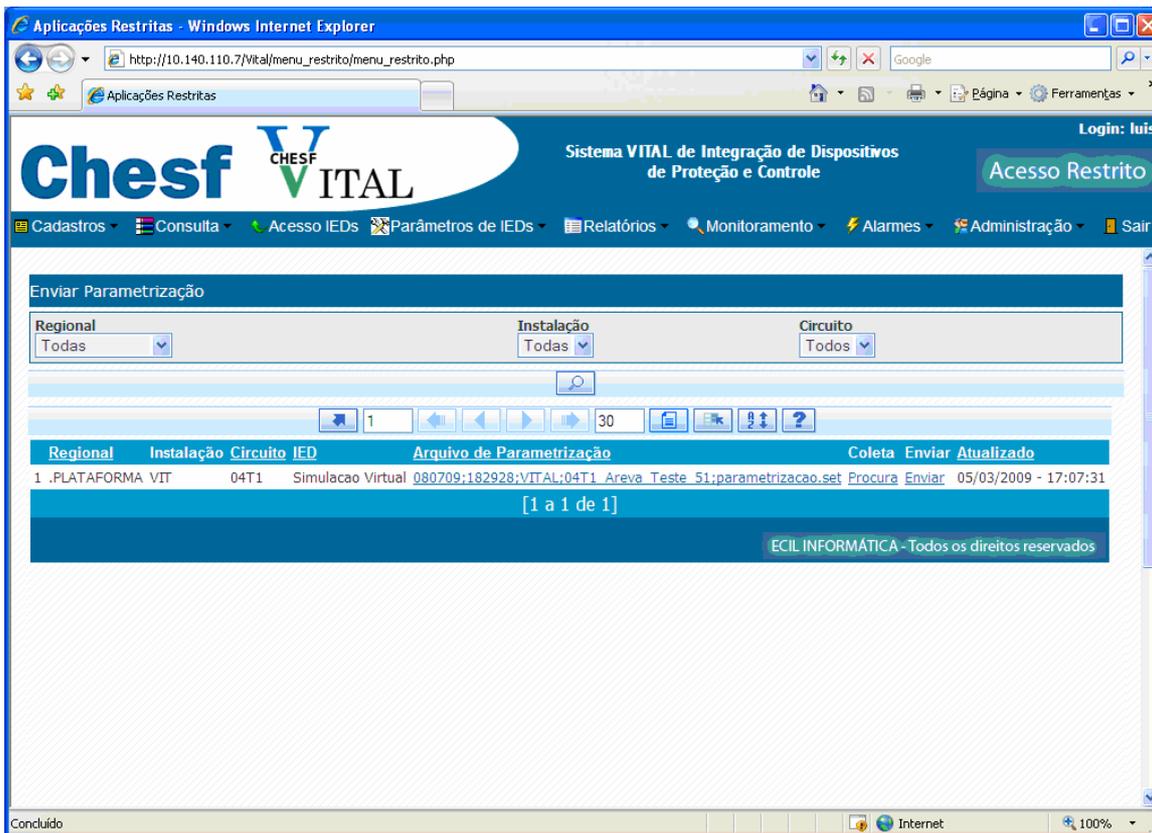


Figura 7 – Upload de arquivo de parametrização para configuração remota de IED

Outra importante funcionalidade é a auditoria da parametrização. O sistema, de tempos em tempos, (tipicamente uma vez por mês) faz a leitura dos parâmetros implantados no IED e compara com os parâmetros definidos pela Ordem de Ajuste oficial. Se há divergência entre estes arquivos um email/SMS é enviado para os responsáveis do sistema.

Na Chesf, como ferramentas alternativas para as equipes de manutenção, o Sistema dispõe de recursos de transmissão de vídeo, com câmeras de alta definição, permitindo a execução de conferências e discussões mais detalhadas, quando o caso assim exigir. São também propriamente incorporadas ao Sistema algumas informações ambientais como temperatura e umidade relativa do ar das salas de comando, casas de relés e cubículos instalados ao tempo, proporcionando um acompanhamento das condições ambientais onde estão instalados os principais Dispositivos de Proteção e Controle, com a geração de gráficos e alarmes em casos extremos.

4.0 - CONCLUSÕES

O Sistema de Integração de Dispositivos de Proteção e Controle foi projetado para atender as equipes de manutenção e análise de perturbações, possibilitando a utilização de recursos disponibilizados nos IED com a evolução da tecnologia digital. A função primordial é realizar acesso automático aos dispositivos supervisionados, disponibilizando de forma centralizada os registros de faltas (arquivos de oscilografia e de eventos), informações ambientais e executando auditorias periódicas nos arquivos de parametrização.

A arquitetura concebida admite diversas formas de supervisão de processo e de operação, ainda não totalmente exploradas. No caso da CHESF, aproximadamente 1000 IEDs em 41 instalações estão atualmente integrados no sistema eSIP, enquanto no sistema sob implantação na ISA-CTEEP serão integrados aproximadamente 1.300 relés e 86 registradores digitais de perturbações até o final de 2009. Ambos os sistemas encontram-se em evolução com a realização em curto prazo de programas de RETROFIT em sistemas de proteção ainda com dispositivos eletromecânicos e também pelo constante crescimento do setor elétrico.

As evidentes dificuldades de acesso aos registros de falta disponíveis nos IED, aliada a rapidez das respostas atualmente exigidas para análise de perturbações, muitas vezes nos faziam prescindir destas informações impossibilitando a elaboração de relatórios mais completos e dificultando a visualização de melhorias na graduação das diversas funções implementadas nestes dispositivos.

Por outro lado, a disponibilização do acesso remoto para parametrização, tem incrementado às equipes de manutenção, agilidade em intervenções programadas ou de urgência, principalmente em instalações distantes dos centros de manutenção.

Um novo recurso incorporado ao sistema e que ainda encontrava-se com demanda reprimida, é a disponibilização de imagens ao vivo, que proporciona condições de conferências ilustradas em intervenções realizadas pelas equipes de manutenção e tem-se mostrado útil para as equipes de manutenção e operação.

O Sistema de Integração de Dispositivos de Proteção e Controle, vem proporcionar a CHESF e a ISA-CTEEP, uma importante ferramenta para o diagnóstico de desempenho dos IED em perturbações no Sistema de Transmissão de Energia, oferecendo também instrumentos para otimização dos trabalhos realizados pelas equipes de manutenção.

5 - BIBLIOGRAFIA

- [1]Pinheiro, José Mauricio. " Cabeamento Óptico". Editora Campus, Brasil, 2005.
- [2] BASHAM, SIERRA, BATES et al. Head First Servlets and JSP. 1º edição. Editora O'Reilly, USA, 2004.
- [3] DEITEL, H. M. et al. Java Como Programar. 4º Edição. Editora Bookman, Brasil, 2004.
- [4] HUNTER, CRAWFORD et al. Java Servlet Programming. 2º Edição. Editora O'Reilly, USA, 1998.
- [5] REESE, George et al. Database Programming With Jdbc And Java. 2º Edição. Editora O'Reilly, 2000.
- [6] GOODMAN, MORRISON et al. JavaScript Bible. 5º Edição. Editora John Wiley & Sons, 2004.
- [7] SPEELPENNING, DAUX, GALLUS et al. Data Modeling And Relational Database Design. Edição 1.2. Editora Oracle, 2001.
- [8]Candido, J.R. " Proteção de Sistemas Elétricos". Editora Interciência, Edição 2.