



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

FI/GPC/30  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

**GRUPO - V**

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

**APLICAÇÃO DE UM PROJETO PILOTO QUE VISA O USO DA NORMA IEC 61850 E LOGICAL NODES ESPECÍFICOS DE GERAÇÃO NA PROGRAMAÇÃO DE UMA UAC PARA CONTROLE E SUPERVISÃO DA UNIDADES GERADORAS NA ENDESA CACHEIRA**

<b>Nascimento, C.C.(*)</b>	<b>SOUZA, L.D.</b>	<b>Buzzatti, M.</b>	<b>Júnior, S.A.D.R</b>	<b>Duarte, R.S.</b>	<b>Pimentel, C.E</b>
<b>Neves, F.P.</b>					
<b>ENDESA CDSA</b>	<b>ALTUS</b>	<b>ANIMA</b>	<b>ENDESA CDSA</b>	<b>ENDESA CDSA</b>	<b>REASON</b>

**RESUMO**

A grande diversidade das instalações de geração, notadamente as de médio e grande porte, exige das equipes de operação e manutenção a convivência com equipamentos de automação diferentes, configurados de forma customizada, tornando cada vez maiores os esforços de treinamento do pessoal.

Este artigo discute e demonstra os resultados de um projeto piloto executado nas instalações da Endesa Cachoeira Dourada, utilizando-se equipamentos aderentes à IEC61850, não somente como uma alternativa de protocolos modernos, mas com aplicação de funções padronizadas pré-testadas objetivando a reversão dos problemas citados, além da maior eficiência e segurança de operação.

**PALAVRAS-CHAVE**

Geração, automação, IEC61850, Padronização, Eficiência.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A automação e controle em UHEs normalmente é feita por meio de integração de diferentes equipamentos, fabricantes, tecnologias e soluções, com base em lógicas, algoritmos, arquiteturas e redes que diferem de um ativo para outro ou até mesmo no mesmo ativo, o que leva a problemas de padronização, dificuldade de elaborar especificações técnicas, custos e tempos elevados de modernização.

A ausência de padronização com um mínimo nível de estruturação resulta em maiores investimentos no desenvolvimento e manutenção de cada automação, uma vez que o reaproveitamento da experiência e dos projetos anteriores é pouco ou nada aproveitado, considerando que cada fabricante possui linguagens diferentes. Além disso, a manutenção, os sobressalentes e o treinamento das equipes de campo é mais complexa, pois requer um conhecimento mais amplo de várias formas de implementação diferentes para solução dos mesmos problemas. Por último, a experiência ou sistemas adquiridos em outras automações não pode ser aproveitado em muitos casos, tornando difícil o aprendizado e a evolução destes sistemas. Assim ao longo dos últimos anos buscou-se a aplicabilidade de modernas normas de automação visando aprimorar equipamentos e sistemas com essa finalidade [8].

A aplicação deste piloto busca a utilização de uma inovação tecnológica através de um novo produto [Unidade de Automação e Controle (UAC)] para automação de uma UHE de forma a comprovar uma nova arquitetura de hardware, rede e software com os objetivos de gerar componentes e interfaces comuns, capazes de beneficiar essas aplicações com as mesmas vantagens observadas em sistemas bem estruturados e padronizados.

O piloto busca também comparar a automação baseada na linguagem de programação existente na usina versus a automação baseada na norma IEC61850 integrada com a IEC61131, através da implementação de um projeto piloto em uma instalação significativa, interligada ao SIN (Sistema Interligado Nacional).

Estando o hardware disponível para aplicação, uma ótima oportunidade foi aproveitada, em função do período de manutenção da Unidade Geradora 09 (UG09) da Endesa Cachoeira, 105 MVA, em Cachoeira Dourada.

Estabeleceram-se as grandes linhas de abrangência deste projeto piloto, para que seus resultados fossem significativos em termos de aplicação. Como mínimo, o sistema deveria contemplar:

- ❖ - Sistema de Monitoramento de Temperatura de Gerador;
- ❖ - Partida e Parada da Unidade Geradora com integração e aplicação de Logical Nodes, como funções elementares reaproveitáveis;
- ❖ - Parada segura da Unidade Geradora em caso da falha das UTRS;
- ❖ - Comunicação ente UAC e Relé de Proteção de Gerador, utilizando a UAC como concentradora;
- ❖ - Transfer TRIP abertura de disjuntor de sincronismo na Subestação utilizando GOOSE;
- ❖ - Aquisição de sinais TP/TC da SE utilizando Sampled Values da Merging Unit integrando com RDP através de um switch apropriado para este tráfego de rede, aderente à IEC61850;

## 2.0 - VISÃO ATUAL: INSTALAÇÕES DE GERAÇÃO X TECNOLOGIAS TRADICIONAIS

### 2.1 Geral

As instalações de geração, de maneira geral, demandam bastante hardware para sistemas de automação e controle, em virtude, principalmente, da grande quantidade de sistemas mecânicos auxiliares necessários ao funcionamento das unidades de geração.

Baseado nas tecnologias existentes, UACs tradicionais em conjunto com relés de proteção e itens específicos, regulação de tensão e velocidade, monitoração de vibração, etc., a posta em marcha e, na sequência, a operação e manutenção dos ativos, ficam muito dependentes do fornecedor da tecnologia empregada, incluindo ambientes de parametrização distintos, linguagens diferentes e recursos também diferentes.

Vendo esta necessidade do ponto de vista da configuração do hardware, a facilidade ou dificuldade de manutenção fica extremamente dependente do executor. Mesmo admitindo que a qualidade do aplicativo gerado seja boa, o nível de detalhamento e a organização do aplicativo (ou falta dela) podem gerar muitas dificuldades para quem mantém o sistema, ou necessita implantar novas funções o que normalmente ocorre nos primeiros anos de operação da unidade

### 2.2 Problemas frequentes enfrentados pelas equipes de operação e manutenção

Quando a instalação é recebida, normalmente tudo está funcionando a contento, dentro das especificações. As equipes de manutenção e operação receberam treinamento nos diversos equipamentos sob sua responsabilidade. Meses depois, começam a aparecer as necessidades de melhorias, correção de problemas, etc. A experiência dos integradores em geral, demonstra que, na primeira necessidade de intervenção, o cliente necessita de um novo treinamento, normalmente solicitado diretamente ao fabricante do equipamento.

Intervenções são feitas com certa dificuldade, pois a equipe que realiza a intervenção realiza um dispêndio de horas relativamente grande, entendendo o que o integrador fez, para realizar a intervenção com segurança. Em casos extremos, a presença do fabricante é requerida para minimizar riscos de atraso do cronograma de intervenção.

### 2.3 Principais Necessidades do Usuário do Mundo Real

As equipes de operação e manutenção têm um processo de geração todo na mão, pelo qual são responsáveis pelo todo e não somente por equipamentos específicos. Quanto menos tempo dispender na compreensão de cada equipamento individualmente, mais tempo terá para pensar no processo como um todo, atingindo as metas de melhorias e disponibilidade do ativo controlado.

O que é esperado de um hardware que se propõe a executar controle de uma instalação de geração que possua recursos, além daqueles considerados normais, isto é, conectividade, boa capacidade de processamento, etc.?

O mínimo que se pode esperar é que o sistema seja simples e intuitivo, que a apresentação de código seja confiável e independente do executor, que o código gerado possa ser facilmente reaproveitado. Para se alcançar estas metas, no mínimo o sistema precisa ter:

- ❖ Variáveis simbólicas, que independam da disposição e conexão dos cartões de I/O;
- ❖ Linguagem de programação voltada a objeto;
- ❖ Que os objetos sejam "compreendidos" pelo sistema através de lógicas pré-testadas, bastando ao usuário as aplicar e, no máximo, inserir alguns parâmetros;
- ❖ Auto documentação;
- ❖ Conectividade em protocolos modernos bem como em protocolos legados;
- ❖ Suporte da linguagem voltado a objeto, independente do tipo utilizado;
- ❖ Aderente à IEC61850.

### 3.0 - APLICAÇÃO DE IED ADERENTE À IEC61850

#### 3.1 Premissas de um Equipamento Ideal

Com base no exposto no item 2.0 - , é possível antever em detalhes quais são as necessidades do usuário em uma aplicação em instalações de geração.

Não serão discutidos detalhes considerados normais e dominados dos fabricantes em geral, tradicionalmente aplicados em qualquer instalação do setor elétrico, isto é, isolamento compatível com estes tipos de instalação (tradicionalmente 2,5kV, 1min de tensão aplicada a frequência industrial), compatibilidade eletromagnética com subestações de alta e extra alta tensão, sequenciamento de eventos com precisão de 1ms, agrupamento de eventos conforme submódulo 2.7 do Procedimento de Rede, etc., entendendo-se que o atendimento geral ao procedimento de Rede seria o mínimo necessário a qualquer equipamento que se proponha a este tipo de aplicação.

Também não serão discutidos detalhes igualmente importantes, como robustez mecânica, precisão do encaixe de módulos, diretrizes ambientais, etc., também entendendo que isto é absolutamente necessário também aplicável a qualquer dispositivo semelhante.

Este artigo pretende demonstrar as características diferenciadas deste projeto. Sendo o mesmo produto de um P&D da Aneel com um agente de geração, em comum acordo entre o agente e executor, premissas adicionais foram colocadas, de ambas as partes, visando aumentar a produtividade em aplicações deste tipo.

Como principais, podemos citar:

- ❖ Aderência à IEC61850 de forma nativa;
- ❖ Configuração simples e intuitiva, apesar do grau de complexidade da norma;
- ❖ Facilidade de reaproveitamento de código e configurações em diferentes projetos, visando reduzir o esforço de configuração e ter maior segurança de utilização de coisas já testadas.

#### 3.2 Aderência à IEC61850 de forma nativa

Este ponto já representa um grande desafio. Historicamente, vários fabricantes fizeram suas implementações da norma IEC61850 aproveitando hardwares pré-existent, acrescentando camadas suplementares, notadamente na área de comunicação, fazendo conviver um projeto antigo com uma norma nova.

Trazia, entretanto, para o usuário, o inconveniente de parecerem 2 equipamentos diferentes em configuração, já que eram bem distintos os ambientes de configuração do IED local, se é que podemos chama-lo assim, e o do IED existente na rede onde trafegam dados de comunicação nos protocolos definidos na norma, principalmente o MMS e o GOOSE, entre outros. Historicamente, esta prática, apesar de funcionar bem, acarreta na dificuldade de identificar variáveis de um lado e de outro, isto é, do lado do IED local e do lado IEC61850. Também temos o problema bastante frequente de se trabalhar em dois ambientes, as vezes até em aplicativos diferentes, onde não se pode, conforme o fornecedor, manter ambos os ambientes abertos, pois atualizações só são veiculadas com arquivos salvos e aplicativos fechados.

Outro desafio enfrentado é que, desde que os IEDs aderentes à IEC61850 se consolidaram no mercado, naturalmente, sua maioria eram IEDs voltados à proteção, com funções bem específicas, sendo oferecidos ao usuário com Logical Nodes [1] adequados para as funções desempenhadas, na maior parte das vezes, em pequeno número dentro de determinado IED, sem possibilidade de modificação.

Equipamentos para aplicação em controle de geração apresentam o problema adicional: devem suportar um grande número de Logical Nodes (LN) [1] quando executando funções de controle ou relativas à proteção dentro de sua área de aplicação, isto é, com funções correspondentes sendo executadas no equipamento. Ao mesmo tempo, podem exercer funções de concentrador ou ainda, eventualmente, devem coletar informações provenientes de outros IEDs, sem especificamente estar executando a função correspondente. Neste caso, o equipamento deve entregar os dados em LNs adequados, porém sem executar a função, já que as mesmas estão vindo de outros equipamentos, ou seja, possuir a suporte a LN, mesmo sem a correspondente função ser executada internamente.

Em muitas aplicações, é comum se observar o problema ser resolvido através da aplicação de LNs do tipo GGIO ou GAPC, que são na verdade, entradas e saídas genéricas, segundo definição da norma, para se aplicar quando nenhuma outra definição de LN se encaixar na necessidade da aplicação.

Não há dúvida que o problema é resolvido. Entretanto, perde-se uma das maiores evoluções da norma, que é o fato de reportar os dados de forma voltada a objetos – a utilização de LNs genéricos faz com que a aplicação regreda ao formato de endereços, com os quais sempre convivemos nos protocolos legados.

### 3.3 Configuração Intuitiva – integração IEC61850 – IEC61131-3

A norma IEC61850 atingiu um grau de sofisticação e abstração significativos – definições bem feitas de CDC (Common Data Classes) [2] e uma série de parâmetros para cada Data Object [3] trazem uma série de outras variáveis e dados, os quais, apesar de alguns serem opcionais, geram necessidades de muitos outros parâmetros, alarmes, dados adicionais, dados de controle, etc.

Em IEDs com funções específicas, os LNs e os parâmetros opcionais, quando existirem, já se encontram pré configurados, cabendo ao usuário utilizá-los ou não. No caso em questão, estamos falando de um equipamento mais amplo, que deve, portanto, possuir a possibilidade de criação de LNs em seu aplicativo. Toda definição deve ser automática, partindo-se da premissa que o usuário não pode, nem deve ser especialista na norma. O software aplicativo deve gerenciar tudo isto automaticamente, criando todas as variáveis necessárias conforme definido na norma, de forma dinâmica, isto é, sempre que o usuário cria um LN adicional, as definições devem passar a estar automaticamente disponíveis e ainda permitir a inserção ou não de itens opcionais.

Outros detalhes secundários, que também entende-se como mínimo necessário, também fizeram parte das premissas: variáveis simbólicas, à opção do usuário, autodeclaradas ou declaradas por ele mesmo. Isto faz parte das necessidades de reaproveitamento de código: tudo pode ser reaproveitado, independente da fonte da informação (entradas e saídas, mensagens GOOSE, etc.). Tudo pode ser facilmente remapeado, com um mínimo de esforço, sem necessidade de grande trabalho por parte do usuário.

Conforme citamos em 3.1, uma das grandes dificuldades em determinadas implementações é justamente a definição de uma maneira clara, das variáveis locais, isto é, visíveis dentro do aplicativo do fabricante e aquelas visíveis pelos protocolos MMS e GOOSE definidos na IEC61850. As mais variadas formas são encontradas, tais como tabelas fixas, definições internas no sistema do fabricante, não acessíveis ao usuário, definições por tipo ou função de IED, não ajustáveis pelo usuário.

Além da correlação das variáveis, geralmente os fabricantes oferecem um tipo de linguagem de programação e parametrização, muitas vezes próprias de seu produto. Outros oferecem parte de linguagens padronizadas por norma, deixando o usuário restrito em sua aplicação. Qualquer um dos casos deixa sempre o usuário restrito, com dificuldades para acesso a todos os tipos de objetos de dados (Data Objects) disponíveis pela norma.

Neste ponto, outra premissa fundamental é a utilização dos chamados FB (Functional Blocks) [4] como elo, uma vez que o LN é a representação de uma função elementar e o FB também o é. Além de servir à mesma finalidade, outras características em comum também existem, entre as quais, o FB, assim com o LN, pode ser instanciado, isto é, mais de um objeto dentro do IED pode existir, permitindo que o código seja utilizado com facilidade para vários objetos idênticos ou semelhantes, já que as parametrizações são permitidas.

Completando, o FB pode ser utilizado ou incluído entre os vários módulos da configuração do equipamento, independente da linguagem que se tenha escolhido para o mesmo.

### 3.4 Facilidade de reaproveitamento de código

Algumas das soluções adotadas para atender a este quesito já foram discutidas nos itens anteriores, tais como variáveis simbólicas e linguagens voltadas a objetos.

Neste quesito, a especificação foi muito bem trabalhada, não só no sentido de se dar condições de fazer novos mapeamentos, mas também no sentido de explorar mais a fundo as possibilidades da norma. A ideia sempre foi quebrar o paradigma que a IEC61850 se resume a um novo protocolo, o que aliás, seria já um grande progresso.

Mas deve-se ter em mente que outros aspectos até mais importantes podem e devem ser explorados, como a linguagem voltada a objetos e biblioteca de funções por exemplo, que fazem com que os protocolos passe a serem vistos como um detalhe de um contexto maior..

Pensando em última instância, a comunicação voltada a objeto, para ser eficiente, tem que ser proveniente de um código igualmente voltado a objeto. Sendo o LN a representação de uma função elementar dentro do domínio de aplicação, o código de execução desta função deve igualmente ser voltado ao objeto que ele representa.

Por isso a associação de cada LN a um FB facilitou tanto: na verdade, o FB é uma função instanciável, cujo código controla e/ou reporta informações do objeto ao qual ela representa. Da forma como concebido, basta o usuário instanciar o FB ou LN correspondente, quantas vezes for necessário. Na forma de FB, ele pode facilmente ser interfaceado com o mundo exterior, através de meras conexões, conforme a linguagem que o usuário utilize, ou equações, se forem outras.

Também um meio bem simples é proporcionado para se fazer a interação com outros LNs.

Um passo grande neste sentido foi estabelecer uma biblioteca de funções (FBs da IEC61131-3) com código para representar e controlar os objetos descritos nos LNs da IEC61850, notadamente os que são indispensáveis para funcionamento de uma instalação de geração. A figura 1 mostra um diagrama de blocos do sistema idealizado.

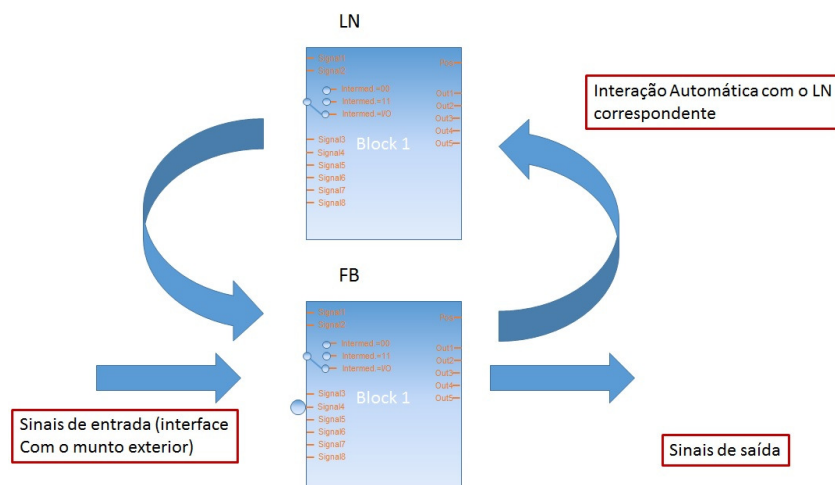


FIGURA 1 – Interação de dados e código entre FB e LN

Tratando-se de FBs relativos às funções necessárias à geração, o usuário pode facilmente aproveitá-los e inseri-los no contexto de seu aplicativo.

Como vantagem principal possuem o fato de incorporarem a experiência do executor do projeto bem como do agente nos processos de controle em geral, em processos tais como partida e parada, sistemas auxiliares, sequenciamento, sistemas de refrigeração, lubrificação, etc. São lógicas pré-testadas, cujo código foi disponibilizado na forma de biblioteca de funções, disponíveis ao usuário.

A tabela 1 mostra exemplos de alguns LNs (FBs) disponibilizados na forma de biblioteca, que podem ser imediatamente utilizados:

Tabela 1 – Exemplos de alguns LNs/FBs previstos na biblioteca de funções

sigla	descrição	sigla	descrição
PTTR	Sobrecarga térmica	HNHD	Controle de rede de água
PZSU	Subvelocidade ou velocidade zero	HSEQ	Sequenciador de partida
GGIO	I/O genéricos	KFAN	Ventilador

Dois detalhes são importantes ressaltar: O primeiro é que a criação de LNs não fica restrita à tabela de funções existentes no equipamento. Como mencionamos, LNs podem ser criados sem código associado permitindo que dados sejam transmitidos quando, por exemplo, a origem da informação e execução da função esteja em outro IED, onde o equipamento em questão adquira os dados por comunicação.

O segundo é que o usuário não fica obrigado a utilizar o código fornecido com o configurador. Em outras palavras, se, por exemplo, o LN HSEQ (sequenciamento de partida) não atender às necessidades ou se o usuário já possuir seu próprio código de projetos anteriores, ele pode facilmente criar um LN/FB com seu próprio código, utilizando a capacidade de transferir dados proporcionada pelo LN, mas utilizando código gerado por ele, usuário.

Paralelo a isto, o sistema ainda permite criar funções maiores, onde os LNs possam ser blocos elementares, formando uma lógica maior. Esta por sua vez, pode ser incorporada a uma lógica superior ainda, por vários níveis, tantos quanto permitam a memória disponível do equipamento.

Neste contexto, o reaproveitamento é uma consequência quase que natural: os recursos de fácil mapeamento de I/O aliado à biblioteca de LN/FBs pré testados e validados e a facilidade de criar suas lógicas individuais e/ou incorporar lógicas a níveis superiores convidam o usuário a aproveitar códigos existentes.

#### 4.0 - COMPROVAÇÃO DOS RESULTADOS

Além dos testes exigidos pelas normas aplicáveis, a efetiva comprovação dos resultados foi feita através da implementação na máquina 09 da Endesa Cachoeira Dourada – o que é bastante significativo, dado o seu porte e os desafios de executar esse processo no tempo de parada programado para manutenção.

Com objetivo de validar os resultados da pesquisa, aproveitando-se do fato que a UHE CDSA foi utilizada na fase inicial da pesquisa (caracterização do problema e levantamento dos requisitos para o produto), foi executado a implementação da solução em uma das unidades geradoras.

#### 4.1 O Projeto Piloto – suas premissas

A UHE Cachoeira Dourada localiza-se no trecho final do médio curso do rio Paranaíba, na divisa dos Estados de Minas Gerais e Goiás, aproximadamente 240km de Goiânia (Goiás) e aproximadamente 180km de Uberlândia (Minas Gerais). Foi construída em quatro etapas, que entraram em operação entre 1958 e 1994. A UHE Cachoeira Dourada opera a fio d'água, com queda máxima de 33 metros, e o reservatório ocupa uma área de aproximadamente 64km<sup>2</sup>. As unidades geradoras são interligadas, através de circuitos aéreos, aos barramentos de 138kV e 230kV da Subestação Cachoeira Dourada, que encaixam a usina no Sistema Brasileiro Interligado Sul/Sudeste/ Centro-Oeste.

#### 4.2 A implementação e suas dificuldades

O projeto visa comparar a automação baseada na linguagem de programação existente na usina com a automação baseada na norma IEC61850 [1] integrada com a IEC61131 [2]. O estudo se deu através da implementação de um projeto piloto, que considerou o período manutenção preventiva da Unidade Geradora 09 da Endesa Cachoeira para a instalação de todos os equipamentos e serviços necessários automatizá-la utilizando a norma IEC61850, em substituição aos equipamentos antigos utilizados na automação tradicional através da norma IEC61131, mantendo os seguintes processos e funcionalidades:

- ❖ Sistema de Monitoramento de Temperatura de Gerador;
- ❖ Parada segura da Unidade Geradora em caso da falha das UTRs;
- ❖ Adicionalmente permitir, com a nova arquitetura proposta, implementar novas funcionalidades e processos visando a melhoria da confiabilidade e disponibilidade do sistema, além de reduzir os tempos de intervenção para manutenção através de uma utilização de um número menor de equipamentos presentes na rede e linhas de programação mais reduzidas e enxutas, a saber:
- ❖ Incorporação das funções de monitoramento e controle da UTR de Tomada D'água pela UTR de Gerador utilizando LNs;
- ❖ Partida e Parada da Unidade Geradora com integração e aplicação de funções associadas aos LNs;
- ❖ Comunicação ente UAC e Relé de Proteção de Gerador, utilizando a UAC como concentradora;
- ❖ Transferir TRIP abertura de disjuntor de sincronismo na Subestação utilizando GOOSE, criando funções de processamento distribuído [4];
- ❖ Aquisição de sinais TP/TC da SE utilizando Sampled Values de uma Merging Unit (MU) integrando com RDP através de um switch apropriado para este tráfego de rede, aderente à IEC61850.

Um aspecto importante para destaque foi que, para comprovação da eficácia da integração da linguagem e LNs, a integração foi feita pela equipe de manutenção da própria usina, que contou somente com apoio do fabricante nos treinamentos de produto, instalação, configuração e programação.

#### 4.3 Arquitetura

A figura 2 ilustra a nova arquitetura para controle da unidade geradora 09 utilizando a norma IEC 61850 para implementação das funcionalidades supracitadas, bem como a incorporação das funcionalidades e processos da UTR Tomada D'água pela UTR de Gerador (UAC desenvolvida no projeto de P&D).

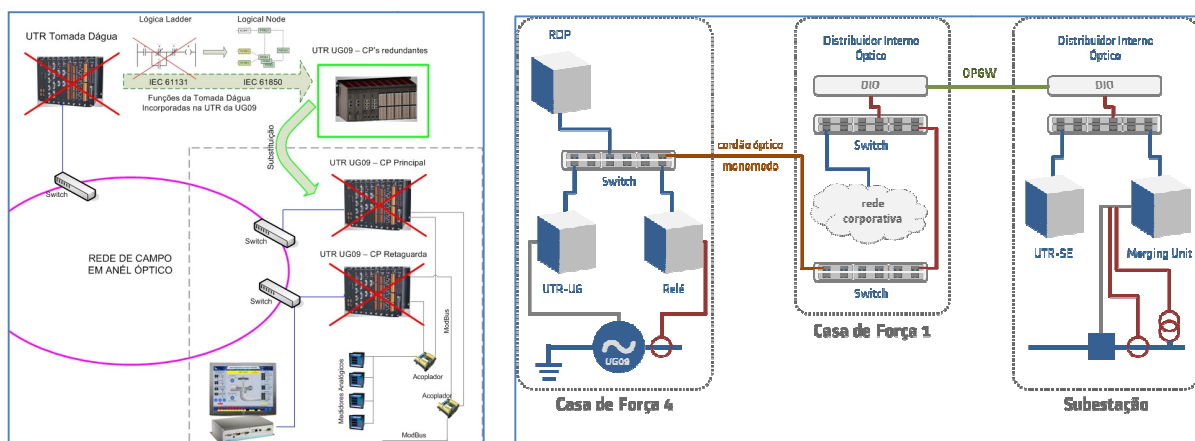


FIGURA 2 – Nova arquitetura de controle UG09 e arquitetura de comunicação

Na figura acima foi detalhada a interligação desta UTR de Gerador com a UTR SE (UAC desenvolvida) instalada na Subestação para monitoramento, proteção e controle do barramento de interligação da unidade geradora a SE utilizando a rede digital para troca de mensagens GOOSE digital e analógico, criando uma redundância para o sistema de proteção que comanda a abertura do disjuntor de sincronismo (TRIP) e que monitora os sinais de tensão e corrente respectivamente.

Nota-se que somente o meio Ethernet é usado na comunicação entre IEDs, bem como na transmissão de dados digitais e analógicos de campo para as IEDs através de Merging Units. O encapsulamento de mensagens de comunicação em frames Ethernet é a forma que a IEC61850 cita para interligação e criação de barramentos de comunicação entre os diversos IEDs do sistema de automação.

Da arquitetura deste projeto piloto, podemos ver que um disparo do relé ou mudança de estado de variáveis binárias na UTR é enviado para o ambiente de comunicação, e as IEDs que tenham interesse nos dados são configuradas para recebê-los por suas interfaces de rede. Além disso, a medição analógica do bay de saída da UG09 na subestação é enviada para o RDP localizado na casa de força sem uso de cabeamento específico de sinais analógicos; O meio que transporta dados Ethernet convencionais de comunicação é o mesmo que envia dados de medição analógica e digital. Para que não haja problemas de desempenho da rede, uma vez que a mesma rede local física trafega dados importantes para operação do sistema e dados menos críticos, são utilizadas técnicas de segregação lógica de tráfego entre as diferentes aplicações (mensagens GOOSE, mensagens Sampled Values, mensagens genéricas), bem como qualidade de serviço na transmissão de mensagens críticas, como GOOSE e Sampled Values. Assim, é garantida confiabilidade e qualidade na transmissão de mensagens digitais e analógicas em frames Ethernet, que ressalta-se depende do uso de switches apropriados para esse fim

É evidenciado o uso de mensagens de Transfer TRIP e Sampled Values entre a casa de força e a subestação. No caso do Transfer TRIP, o principal benefício é que o meio de transmissão será o mesmo utilizado para as demais comunicações, que possui elevada velocidade de transmissão. Benefício este que será também utilizado pelos sinais analógicos de TCs e TPs e digitais de disjuntores ou seccionadoras, que serão adquiridos do campo pela Merging Unit e encapsulados em mensagens GOOSE e Sampled Values. Uma vez encapsulados como GOOSE e Sampled Values, os valores são difundidos para endereços multicast na rede, e assim as IEDs terão acesso aos valores para realizar suas próprias lógicas de intertravamento ou funções de proteção.

#### 4.4 Aplicando LNs integrados a FBs

Visando tirar proveito das características descritas em 3.2 a 3.4, o aplicativo da nova UAC que substitui a existente, foi todo remodelado em LN/FBs. Notar que, como o aplicativo original foi executado em linguagem Ladder, em sua maioria, poderia simplesmente ter tido sua lógica copiada e “traduzida” para o novo equipamento. Provavelmente teria sido mais rápido, entretanto, não teríamos posteriormente a facilidade do reaproveitamento de código, nem tampouco uma comprovação de resultados confiável.

Pensando nisto, foi feito um trabalho conjunto entre o agente, o executor do projeto e o Laboratório de Automação e Integração de Sistemas (LAIS) da UFRGS, para transformação deste código existente em LNs.

Aqui um outro grande desafio: atender ao cronograma de manutenção preventiva, ao mesmo tempo que os códigos eram transformados. Vale lembrar que não poderia ser uma transformação pura e simples de código: o trabalho foi feito “enquadrando” os códigos existentes nos padrões da IEC61850 e ainda mais: sua “generalização” – parâmetros foram adicionados a praticamente todos eles, para permitir sua aplicação em qualquer tipo de projeto, permitindo por exemplo, que o usuário parametrize tempos, tipos e quantidades de entradas, quantidade de passos de sequenciamento, etc., tornando os FB/LNs facilmente adaptáveis para outras instalações, mais ou menos complexas, sem que o usuário deva fazer muito esforço para tal.

#### 4.5 O reaproveitamento

Executado da forma descrita no item anterior, obtivemos um aplicativo todo composto por LN/FBs em ladder ou FBD. Este código está agora disponível para reaplicação ou em parte. Futuramente, na modernização de outras unidades do mesmo, o reaproveitamento do código praticamente se limitaria à troca de nomes (tags) no projeto e remapeamento de I/O, se aplicável.

Sendo de outro agente ou outro tipo de máquina, talvez o reaproveitamento não seja tão simples assim, mas pode ser feito montando-se um novo “quebra-cabeças”, a partir de funções elementares com novos parâmetros onde aplicável. Notemos que o código sempre será reaproveitável, o que vai variar é o percentual de reaproveitamento, o que podemos dizer que vai ser algo entre 50 e 90%, otimizando o tempo de execução.

#### 4.6 Resultados do projeto piloto

As atividades na implementação do projeto piloto para a Automação da Unidade Geradora 09 consideraram todas

as fases vinculadas a um projeto deste porte e magnitude comumente aplicado nas usinas do grupo Endesa, dentre elas, fase de concepção, projeto básico, treinamento da equipe, projeto executivo, instalação, testes em fábrica, testes em campo, comissionamento e operação assistida

Recém implementado, neste momento o projeto piloto segue sendo avaliado e estudado através do Laboratório de Automação e Integração de Sistemas (LAIS) da UFRGS com objetivo de desenvolver e aplicar uma metodologia que possibilite a comparação desta nova abordagem, mas aos olhos e análise da equipe de manutenção da usina de Cachoeira Dourada, após a implementação do piloto foi possível evidenciar:

- ❖ Uma economia no valor normalmente investido para a automação de uma unidade geradora;
- ❖ Redução do tempo de desenvolvimento de software de configuração e programação;
- ❖ Os tempos envolvidos nos testes em fábrica e em campo foram reduzidos pela metade quando comparados com os tempos empregados com a linguagem de programação tradicional empregadas em nossas outras unidades geradoras

## 5.0 - CONCLUSÕES

### 5.1 Do projeto Piloto

A implementação do projeto piloto e seus testes permitiram evidenciar que a integração entre a IEC61131 e a IEC61850, torna a tarefa do usuário substancialmente mais fácil, sem a necessidade de configurar dois ambientes distintos, o que reduz drasticamente o tempo de configuração.

A correspondência direta entre blocos funcionais e LNs é intuitiva e de sugestão automática, sem a necessidade de consultas e criação de conexões em ambientes distintos.

O uso da UAC utilizando a norma IEC 61850 integrada com a IEC 61131 e LNs de geração resultaram em uma melhor interoperabilidade, aumento da confiabilidade na execução do teste, otimização do tempo de manobras e de pessoal, redução de erros de manobras, facilidade na manutenção e treinamento.

O Uso de redes IEC 61850 permite que sejam ampliadas as possibilidades de automatização de instalações de sistemas de potência, uma vez que num mesmo barramento Ethernet estão disponíveis dados de diversas IEDs, tanto analógicos quanto digitais, abrindo a gama de possibilidades de uso destes dados para intertravamento ou aquisição de sinais para funções de proteção ou monitoramento sem necessidade de alterações nas instalações físicas das IEDs, reduzindo o cabeamento elétrico e suas implicações (riscos, custos, etc)

Os resultados apresentados contribuem para o setor como fonte de proposição de uma nova metodologia de automação para usinas hidroelétricas, padronizada e com componentes e interfaces comuns, gerando sinergia de implementação e economia de engenharia.

### 5.2 Para o Futuro

Os ótimos resultados obtidos neste projeto piloto apontam para um futuro de maiores aperfeiçoamentos: vale a pena a ampliação e modernização constante dos LN/FBs já oferecidos, uma vez que a visão atual mostra que isto pode ser melhorado ainda mais.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Communication Networks and Systems in Substations, Part 2, Glossary, IEC 61850-2, Aug, 2008, item 2.72
- (2) Communication Networks and Systems in Substations, Part 7-3, Common Data Classes, IEC 61850-7-2, Dec, 2010, item 7.3
- (3) Communication Networks and Systems in Substations, Part 7-4, Compatible Logical Node Classes and Data Object Classes, IEC 61850-7-4, March, 2010, item 6
- (4) Programmable Controllers – Programming Languages, IEC 61131-3, Mar. 2003;
- (5) L. Souza, "IEC61850 Processamento de Funções Distribuídas Integrando UACs de Controle e IEDs de Proteção," in XXIII.SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, pp. BR/GPC/21;
- (6) L. Souza, M.G. Buzzatti and R.Lima, "IEC61850 x IEC61131 – Dois Mundos Distintos que Podem Ser Integrados – Sonho do Usuário em Ter Tudo Padronizado," in XI Seminário Técnico de Proteção e Controle., pp. XI STPC ST - 020.
- (7) Communication networks and systems for power utility automation – Part 7-4: Basic communication structure – Compatible logical node classes and data object classes, IEC 61850-7-4, March, 2010.
- (8) Uso da IEC 61850 em Usinas Hidrelétricas – Benefícios e Incompatibilidades – NEVES, F. C.; CARVALHO, P. C.; BRUNE, O.; ALBINO, D. S.; SANTOS, R. S. - XX Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia – SNPTE, novembro, 2009



## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Carlos Carvalho Nascimento é formado em Engenharia Elétrica pelo Escola de Engenharia Mauá e com pós graduação em gerenciamento de projetos pela FGV. Já atuou como engenheiro e supervisor de automação e controle em diversas empresas de médio e grande porte como Promon, Reivax e ABB.

Atualmente ocupa o cargo de responsável pelo Suporte Técnico da Enel Geração Brasil e possui uma experiência de 12 anos no setor elétrico voltada à área técnica, destacando a coordenação, comissionamento e elaboração de projetos de automação para usinas hidroelétricas, elaboração e gestão do CAPEX e OPEX para todas as usinas do grupo e coordenação a nível país do planejamento e programação da manutenção.

Leandro de Souza é formado em Engenharia Elétrica na Universidade de Mogi das Cruzes, S.Paulo, em 1981. Desde 2008 é Gerente de Aplicações da Altus Sistemas de Informática SA, com larga experiência em controle e automação de subestações em sistemas até 500kV.

Experiência em filosofias de Proteção, execução, testes e análise. Automação industrial, fabricação de cubículos de baixa e média tensão. Responsável pela execução de diversos projetos para empresas de transmissão e distribuição de energia elétrica.

Marcelo Buzzatti é formado em Engenharia Elétrica na PUC-RJ, com experiência em desenvolvimento de sistemas e gerenciamento de projetos de P&D para o setor elétrico.

Silvanio Alves de Rezende Júnior é formado em Engenharia Elétrica na Universidade PUC- Goiânia, e possui 15 anos de experiência na área de projetos, construção, comissionamento e manutenção de subestações e usinas hidrelétricas.

Rauer Silva Duarte é formado como técnico Eletromecânica pelo Senai Itumbiara, Instrutor de Educação Profissional - Senai Itumbiara (Eletrônica Analógica/Digital, Eletrotécnica, eletricidade predial/industrial, automação, instrumentação) e tecnico Eletromecanico - CDSA (Endesa Cachoeira).

Carlos Eduardo Ferreira Pimentel, nascido em Guarapuava – PR, em 1987. Graduado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR em 2011, como Engenheiro Eletricista. Possui 4 anos de experiência no setor elétrico e atualmente é Engenheiro de Aplicação na Reason Tecnologia, sendo responsável por projetos de engenharia e projetos pilotos IEC61850.

Fernando Pedrassani Costa Neves, Engenheiro Eletricista graduado pela UFSC (1993), natural de Caçador/SC, 1968. Trabalha desde 1994 no Setor Elétrico, atuando em proteção, automação e controle em sistemas de potência e em gestão de Operação & Manutenção. Atualmente atua com a implantação da área de proteção e controle da Reason Tecnologia