

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

LUIZ FERNANDO ORTEGA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE SUPERVISÃO PARA
PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2012

LUIZ FERNANDO ORTEGA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE SUPERVISÃO PARA PEQUENAS
CENTRAIS HIDRELÉTRICAS**

Monografia de Conclusão do Curso de Especialização em Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná apresentada como requisito parcial para obtenção do título de especialista em Automação Industrial.
Orientador: Prof. Guilherme Alceu Schneider

**CURITIBA
2012**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu condições de fazer esta pós-graduação;
Aos meus pais pelo constante incentivo aos estudos;
Ao minha namorada, pela compreensão dos momentos em que precisei me ausentar para me dedicar aos estudos;
Aos meus mestres por me auxiliarem em todos os sentidos.

RESUMO

ORTEGA, Luiz Fernando. Desenvolvimento de um Sistema De Supervisão Para Pequenas Centrais Hidrelétricas. 2012. 38 f. Monografia Especialização em Automação Industrial – Projeto de Pós Graduação do Departamento de Eletrônica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

O trabalho propõe a utilização de comunicação OPC para o Sistema Digital de Supervisão e Controle de Pequenas Centrais Hidrelétricas com o auxílio da plataforma WEB com o intuito de redução de custos e otimização do processo. Ao longo do trabalho foram descritos detalhes dos sistemas de supervisão e controle, descrição do sistema em Pequenas Centrais Hidrelétricas , características e funcionalidades do OPC para aquisição de informações em Pequenas Centrais Hidrelétricas e, por fim a apresentação da WEB Service como solução de integração. O conteúdo estudado será condensando e com ele será apresentado a proposição da arquitetura do sistema adequado para atingir a redução de custo. O trabalho é concluído com uma análise geral do sistema proposto.

Palavras-chave: OPC. *Web*. Pequenas Centrais Hidrelétricas . Sistema Digital de Supervisão e Controle. *SCADA*

ABSTRACT

ORTEGA, Luiz Fernando. Developing a Monitoring System For Small Hydropower. 2012. 38 f. Monografia Especialização em Automação Industrial – Projeto de Pós Graduação do Departamento de Eletrônica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

The paper proposes the use of OPC communication to the Digital System Supervision and Control of Small Hydropower with the help of the web platform aiming at cost reduction and process optimization. Throughout the study were described details of the supervisory and control, system description on Small Hydropower, features and functionality of OPC for obtaining information on Small Hydropower and finally the presentation of WEB Service as integration solution. The content will be studied condensing and he will be presented with the proposition of system architecture suitable to achieve cost reduction. The work concludes with a general analysis of the proposed system.

Palavras-chave: OPC. *Web*. Small Hydropower. Digital System Supervision and Control. SCADA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Setores de uma PCH	11
Figura 2 – Pirâmide de automação	133
Figura 3 – SCADA	163
Figura 4 – Tela de supervísório	15
Figura 5 – Estrutura física de um sistema SCADA	16
Figura 6 – Troca de dados entre servidores OPC	19
Figura 7 – Centro de operação utilizando <i>Web</i>	20
Figura 8 – Proposta da topologia a ser adotada no projeto.....	25
Figura 9 – Integração <i>web</i> com o servidor	28
Figura 10 – Wizard da instalação e comissionamento do servidor OPC	29
Figura 11 – Interface de adm. do servidor OPC Siemens SIMATIC NCM PC Manager.....	29
Figura 12 – Ambiente de trabalho	31

LISTA DE SIGLAS

CLP	<i>Controlador Lógico Programável</i>
OPC	<i>Object Linking and Embedding for Process Control</i>
OPC XML-DA	<i>OPC XML Data Access</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controllers</i>
PCH	<i>Pequena Central Hidrelétrica</i>
RTU	<i>Remote Terminal Units</i>
SDSC	<i>Sistema Digital de Supervisão e Controle</i>
TI	<i>Tecnologia da Informação</i>
VB	<i>Visual Basic</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>

LISTA DE ACRÔNIMOS

ANEEL	<i>Agência Nacional de Energia Elétrica</i>
AJAX	<i>Asynchronous Javascript And XML</i>
COR	<i>Centro de Operação Remoto</i>
CRO	<i>Centro Regional de Operação</i>
DCOM	<i>Distributed COM</i>
DNAEE	<i>Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
MES	<i>Manufacturing Execution Systems</i>
OLE	<i>Object Linking and Embedding</i>
RIA	<i>Rich Internet Application</i>
SCADA	<i>Supervisory and Control Data Acquisition</i>
UAC	<i>Unidade de Aquisição e Controle</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
1.1	TEMA.....	6
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA.....	7
1.3	OBJETIVOS.....	7
1.4	JUSTIFICATIVA.....	7
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	7
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	9
2.1	PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA.....	9
2.2	SISTEMA DE SUPERVISÃO.....	12
2.3	OPC.....	17
2.4	<i>Web 2.0 - RICH INTERNET APPLICATION</i>	19
3	PROPOSTA DE ARQUITETURA DO SISTEMA.....	22
3.1	DESCRIÇÃO DO SCADA SUGERIDO PARA PCH.....	22
3.2	PROPOSIÇÃO DA UTILIZAÇÃO <i>Web/OPC</i>	27
4	CONCLUSÃO.....	32
	REFERÊNCIAS.....	33
	APÊNDICE A - EXEMPLO DE CÓDIGO FONTE DA TELA PRINCIPAL.....	36

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA DE PESQUISA

Diante da crescente necessidade por energia elétrica, devido ao aumento do consumo energético mundial, a evolução de sistemas de geração de energia é fundamental.

As hidrelétricas nacionais foram, em 2006, responsáveis por 71% da geração de energia elétrica do país. Esse tipo de matriz energética pode ser até um sistema limpo de produção, mas gera um grande impacto ambiental com a formação de represas. Agora, se for considerado toda a energia consumida no país, o petróleo e seus derivados ainda ocupam a liderança, com 38,7% do total em 2006. (ATLAS Nacional Geographic – Brasil, 2008). Dentro do contexto das centrais hidrelétricas estão inseridas as Pequenas Centrais Hidrelétricas que serão tratadas neste trabalho.

As Pequenas Centrais Hidrelétricas ganharam expressão a partir da Lei de Concessões de Serviços Públicos nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, de caráter geral, e da Lei nº 9.074, de 07 de julho de 1995, que estabeleceu a obrigatoriedade de licitação para as concessões de serviços públicos, da criação do Produtor Independente de Energia Elétrica, da instituição dos consumidores livres e da garantia do livre acesso aos sistemas de transmissão e de distribuição (ELETROBRÁS, 2000).

De acordo com Clemente (2001) a definição de Pequena Central Hidrelétrica (PCH) é oriunda de normas da década de 1980. Esse tipo de usina foi pioneira no atendimento de energia elétrica às cidades e indústrias no início do século vinte.

Desde a reestruturação do setor elétrico brasileiro, ocorrida a partir de meados da década de 1990, as Pequenas Centrais Hidrelétricas tornaram-se um excelente atrativo, pois o Governo Federal proporcionou uma série de incentivos regulatórios para a implantação de empreendimentos desta natureza no país (Clemente, 2001, pg. 7).

Devido ao seu porte, pequenos detalhes fazem a diferença para viabilizar economicamente o empreendimento. A automação nas Usinas de geração elétrica é um elemento essencial para o seu desempenho e funcionamento adequado e, também, para a sua viabilização econômica. As PCHs permitiram a otimização dos processos, o incremento na produtividade e lucratividade, redução dos custos operacionais e o aumento considerável da segurança e disponibilidade destas usinas (BOZZETO e BIANCHI, 2008). Um dos itens presentes na automação das usinas é o sistema de supervisão e controle que demanda determinado investimento.

Baseado no exposto, a proposta deste trabalho é desenvolver um sistema de supervisão e controle para uma Pequena Central Hidrelétrica utilizando comunicação *Object Linking and Embedding for Process Control* (OPC) e interface gráfica com aplicativo tipo *World Wide Web* (*web*).

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Com o aumento da competitividade em projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) novas tecnologias e a redução de custo são essenciais para a viabilização de novos empreendimentos. Na atualidade, a arquitetura convencional do *Supervisory and Control Data Acquisition* (SCADA) é onerosa para o empreendimento, sendo o responsável em algumas vezes pela viabilidade do projeto.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de supervisão e controle para uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH) fundamentado nas tecnologias de comunicação OPC e aplicativos de interface *web*.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Pesquisas sobre sistema de supervisão e controle;
- Pesquisar sobre os sistemas de comunicação e as topologias de redes de PCH's;
- Analisar os protocolos OPC mais utilizados no mercado;
- Identificar e avaliar as tecnologias *web* 2.0;
- Analisar e propor arquitetura para integração do servidor OPC com a aplicação *web*;

1.4 JUSTIFICATIVAS

Com o aumento da competitividade nos novos empreendimentos de PCH's, o custo associado aos diversos sistemas e os custos associados à obra e operação do sistema

influenciam diretamente na sua viabilidade. Um sistema gratuito de supervisão e controle aumentaria o diferencial competitivo em novas usinas.

A tecnologia baseada na metodologia OPC integra a comunicação dos diversos equipamentos de uma planta de uma PCH, mesmo equipamentos de fabricantes distintos.

Um sistema *web* distribuído tem como características a operabilidade plena, portabilidade, escalabilidade e intercambialidade, e tem como objetivo aumentar as características de arquiteturas mais utilizadas. Outra vantagem é a facilidade de programação na *web* e, para esse tipo de sistemas é possível aproveitar as técnicas já consagradas em outras áreas.

Essas duas ferramentas, OPC e *web*, serão muito úteis no desenvolvimento do projeto de controle e supervisão, pois irão centralizar a obtenção dos dados e a disponibilização desses dados em uma interface gráfica. A utilização da *web* traz ainda como vantagem a facilidade de disponibilidade da informação, aumentando o controle sobre determinado processo.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Os capítulos iniciais tratam cada um dos temas envolvidos como um assunto específico focado nos objetivos deste trabalho. Nos capítulos finais é explicitada a inter-relação entre os diversos temas abordados e o modo como este relacionamento é implementado para cumprir os objetivos deste projeto. Sendo assim, excluindo-se o presente Capítulo, os demais, possuem o seguinte conteúdo:

- O Capítulo 2 apresenta os tópicos principais referentes à Pequena Central Hidrelétrica, sistemas de supervisão e controle, trata dos conceitos e definições relativas a tecnologia OPC; conceitua a tecnologia *web*;
- O Capítulo 3 caracteriza o sistema proposto;
- O Capítulo 4 finaliza o trabalho apresentando a análise dos resultados alcançados, bem como os desdobramentos que podem culminar com trabalhos futuros em temas correlatos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo descreve todo o embasamento teórico necessário para a proposição do sistema de supervisão e controle. Inicialmente é conceituado e definido uma Pequena Central Hidrelétrica e, posteriormente, é feita uma explanação sobre sistemas de supervisão e controle. No item seguinte é aprofundado o conceito de SCADA, que é de fundamental importância para esse trabalho. São apresentados também, tópicos sobre o sistema OPC e sua integração na *web*.

2.1 PEQUENA CENTRAL HIDRÉLETRICA

O termo Pequena Central Hidrelétrica (PCH) foi citado inicialmente na Portaria DNAEE nº 109, em 1982. Pouco tempo depois foram criadas as Diretrizes para Estudos e Projetos de PCH (ELETROBRÁS, 2000), sendo que uma Usina Hidrelétrica é considerada como uma PCH quando:

1. A potência instalada total estiver compreendida entre 1,0 MW e 10 MW;
2. A capacidade do conjunto turbina-gerador estiver compreendida entre 1,0 MW e 5,0 MW;
3. Não forem necessárias obras em túneis (conduto adutor, conduto forçado, desvio de rio etc.);
4. A altura máxima das estruturas de barramento do rio (barragens, diques, vertedouro, tomada d'água, etc.) não ultrapasse 10 m;
5. A vazão de dimensionamento da tomada d'água seja igual ou inferior a 20 m³s.

Nessas diretrizes, não há limite para a queda do empreendimento, sendo as PCH classificadas em baixa, média e alta queda. No início do século XXI ocorreu uma série de mudanças institucionais e da legislação no país e com a experiência acumulada, tornou-se importante atualizar os conceitos até então definidos como padrão.

A Lei nº 9.648, de 27/05/98, autorizou a dispensa de licitações para empreendimentos hidrelétricos de até 30 MW de potência instalada, para Autoprodutor e Produtor Independente. A concessão será outorgada mediante autorização, até esse limite de potência, desde que os empreendimentos mantenham as características de Pequena Central Hidrelétrica (ELETROBRAS, 2000).

A Resolução da ANEEL nº 394, de 04/12/98, estabeleceu que os aproveitamentos com características de PCH são aqueles que têm potência entre 1 e 30 MW e área inundada até 3,0 km², para a cheia centenária, que é a maior cheia em um século. Com essa resolução, todas as limitações anteriores foram eliminadas.

Os tipos de PCH, quanto à capacidade de regularização do reservatório, são (ELETROBRAS, 2000):

1. Fio d'Água - Esse tipo de PCH é empregado quando as vazões de estiagem do rio são iguais ou maiores que a descarga necessária à potência a ser instalada para atender à demanda máxima prevista;
2. De Acumulação, com Regularização Diária do Reservatório - Esse tipo de PCH é empregado quando as vazões de estiagem do rio são inferiores à necessária para fornecer a potência para suprir a demanda máxima do mercado consumidor e ocorrem com risco superior ao adotado no projeto;
3. De Acumulação, com Regularização Mensal do Reservatório - Quando o projeto de uma PCH considera dados de vazões médias mensais no seu dimensionamento energético, analisando as vazões de estiagem médias mensais, pressupõe-se uma regularização mensal das vazões médias diárias, promovida pelo reservatório. Uma PCH típica normalmente opera a fio d'água, isto é, o reservatório não permite a regularização do fluxo d'água.

Em função dessas características, existem ocasiões de estiagem que a vazão disponível pode ser menor que a capacidade das turbinas, causando parada de máquina. Em caso de cheias, as vazões são maiores que a capacidade de engolimento das máquinas, permitindo a passagem da água pelo vertedouro.

Quanto ao sistema de adução, existem duas definições de PCH (ELETROBRAS, 2000):

1. Adução em baixa pressão com escoamento livre em canal/alta pressão em conduto forçado;
2. Adução em baixa pressão por meio de tubulação/alta pressão em conduto forçado.

As PCH podem ser ainda classificadas quanto à potência instalada e quanto à queda de projeto, como mostrado no Quadro 1 (ELETROBRAS, 2000).

Quadro 1 – CLASSIFICAÇÃO DAS CENTRAS HIDRELÉTRICAS

CLASSIFICAÇÃO DAS CENTRAS	POTÊNCIA - P (kW)	QUEDA DE PROJETO - H_d (m)		
		BAIXA	MÉDIA	ALTA
MICRO	$P < 100$	$H_d < 15$	$15 < H_d < 50$	$H_d > 50$
MINI	$100 < P < 1.000$	$H_d < 20$	$20 < H_d < 100$	$H_d > 100$
PEQUENAS	$1.000 < P < 30.000$	$H_d < 25$	$25 < H_d < 130$	$H_d > 130$

Fonte: ELETROBRÁS (2000).

O Quadro 1 subdivide as PCH em função da sua potência e de sua queda de projeto. As pequenas centrais se caracterizam por potências acima de 1 MW e menos que 30 MW, a queda pode variar de valores inferiores a 25 metros até centrais com quedas maiores que 130 metros. A mini central, por sua vez, tem a potência de 100 kW até 1 MW e com quedas inferiores as pequenas centrais. E, por último, as micro centrais com potências de até 100 kW e pequenas quedas.

A Figura 1 representa os principais setores de uma PCH. No início, à esquerda, está indicado o reservatório da usina que para uma Pequena Central é a fio d'água. A represa, ou barragem, é a estrutura responsável pela retenção da água do rio e em sua estrutura é feita a admissão da água pelo conduto fechado. O conduto, por sua vez, transporta a água até as pás da turbina hidráulica. A turbina tem seu eixo conectado ao gerador elétrico que, por sua vez, é conectado ao sistema de média tensão da PCH. Por fim, o sistema de media tensão é conectado a subestação elevadora.

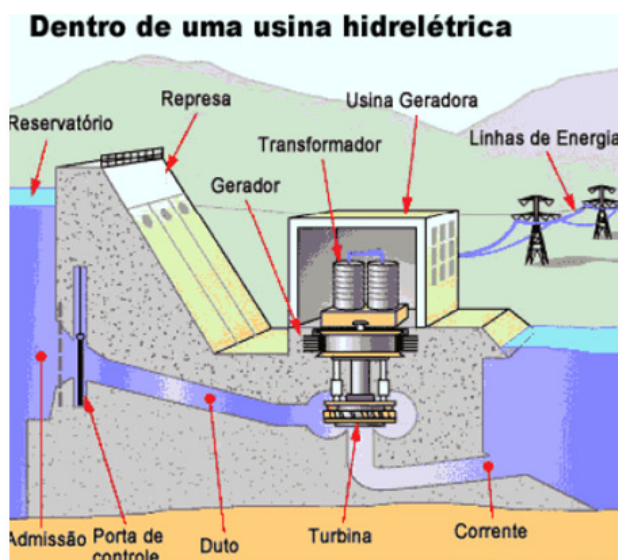


Figura 1 – Setores de uma PCH

Fonte: CERPCH (2012)

2.2 SISTEMA DE SUPERVISÃO

Os sistemas de supervisão desempenham um papel de extrema importância na estrutura de gestão organizacional, fato pelo qual deixaram de ser vistos como meras ferramentas operacionais, ou de engenharia, e passaram a ser vistos como uma relevante fonte de informação. Atualmente, os sistemas de supervisão de processos industriais automatizados desempenham três atividades básicas: supervisão, operação e controle (UDDIN; MOHAMED; SALAM, 2000).

A automação é dividido em uma serie de níveis, o SCADA está inserido no nível 3 da pirâmide de automação, sendo representada na Figura 2. O nível 1 é o nível onde são encontradas as máquinas, dispositivos e componentes. O nível 2 é composto pelos controladores digitais, dinâmicos e lógicos e de algum tipo de supervisão. No nível 3, onde é encontrado o sistema SCADA, é permitido o controle do processo produtivo; é constituído por bancos de dados. O nível 4 é responsável pela programação e planejamento da produção, realizando controle e a logística dos suprimentos e, por último, o nível 5 que é responsável pela administração dos recursos da empresa, em que se encontram os softwares para a gestão de vendas e financeira e, também, é onde se realiza a decisão e o gerenciamento de todo o sistema (NASCIMENTO, 2008).

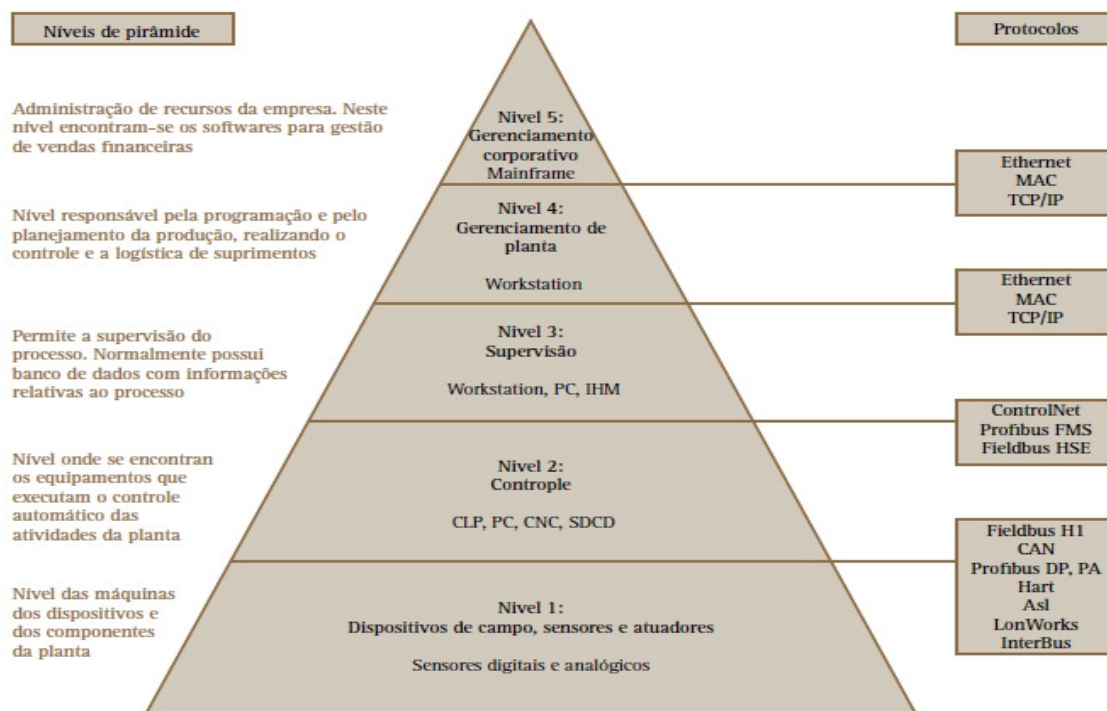


Figura 2 – Pirâmide de automação
 Fonte: CASTRUCCI, MORAES (2007, p.13).

Para Castrucci e Moraes (2007, p/120), o sistema SCADA foi desenvolvido para supervisão e controle de quantidades elevadas de variáveis de entradas e saídas digitais e analógicas distribuídas. Um exemplo para essa afirmação está apresentado na figura 3.

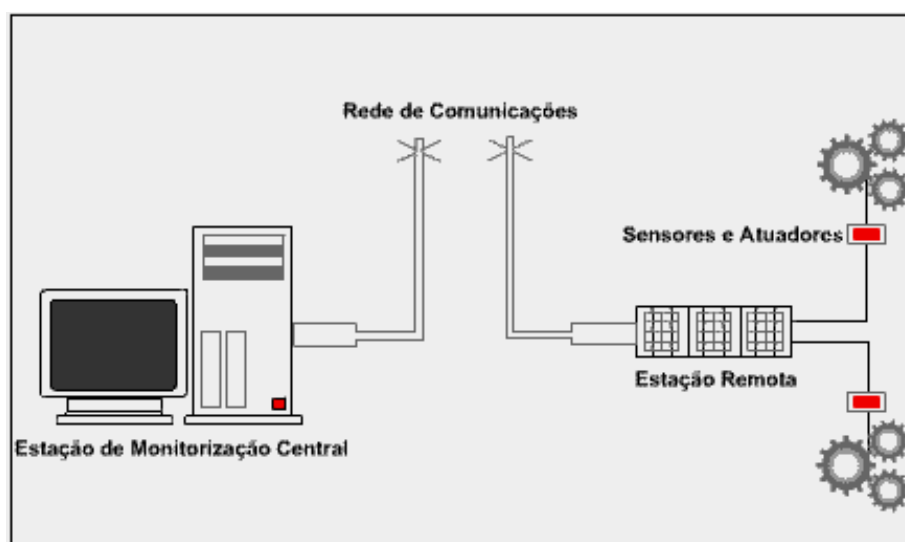


Figura 3 – Sistema
 Fonte: Elipse Knowledgebase, 2012

Os principais componentes de um sistema supervisórios são:

- a) Sensores: Termo empregado para designar sensíveis à alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, entre outras. Relaciona informações sobre uma grandeza física que precisa ser mensurada, tais como, temperatura, velocidade, corrente, aceleração, posição etc. Um sensor nem sempre possui as características elétricas necessárias para ser utilizado em um sistema de controle e, normalmente o sinal de saída deve ser manipulado antes da leitura no sistema de controle. (WENDLING, Marcelo Sensores, 2010).
- b) Atuadores: São dispositivos que modificam uma variável controlada. Recebem um sinal proveniente do controlador e agem sobre o sistema controlado. (WENDLING, Marcelo Sensores, 2010).
- c) Estações remotas: De acordo com Silva e Salvador (2011, p. 2) o processo de controle e aquisição de dados se inicia nas estações remotas, PLCs (*Programmable Logic Controllers*) e RTUs (*Remote Terminal Units*), com a leitura dos valores atuais dos dispositivos que a ele estão associados e seu respectivo controle. Os PLCs e RTUs são unidades computacionais específicas, utilizadas nas instalações fabris (ou qualquer outro tipo de instalação que se deseje monitorar) para a funcionalidade de ler entradas, realizar cálculos ou controles e atualizar saídas. A diferença entre os PLCs e as RTUs é que os primeiros possuem mais flexibilidade na linguagem de programação e controle de entradas e saídas, enquanto as RTUs possuem uma arquitetura mais distribuída entre sua unidade de processamento central e os cartões de entradas e saídas, com maior precisão e sequenciamento de eventos.
- d) Rede de comunicação: Para Silva e Salvador (2005, p. 2) a rede de comunicação é a plataforma por onde as informação fluem dos PLCs/RTUs para o sistema SCADA e, levando em consideração os requisitos do sistema e a distância a cobrir, pode ser implementada através de cabos *Ethernet*, fibras ópticas, linhas *dial-up*, linhas dedicadas, rádio modems, etc. O protocolo OPC, explicado em ???, faz parte deste item de sistema SCADA.
- e) Estações de monitoração central: As estações de monitoração central são as unidades principais dos sistemas SCADA, sendo responsáveis por recolher a informação gerada pelas estações remotas e agir em conformidade com os eventos detectados, podendo ser centralizadas num único computador ou

distribuídas por uma rede de computadores, de modo a permitir o compartilhamento das informações coletadas (SILVA; SALVADOR, 2005).

Como exemplo, na Figura 4 está representada a tela do sistema supervisorio do tratamento de caldo de uma usina de cana de açúcar. Nesta tela, chamada de sinótico, pode se observar todo o processo do tratamento do caldo, sendo que, na base da tela estão dispostas as caldeiras de estocagem do caldo. Estão representados também, os condensadores, caldeira e evaporadores. A temperatura é sinalizada em vários pontos da tela. O processo todo passa pelo decantador para posteriormente entrar na caldeira da cachaça.

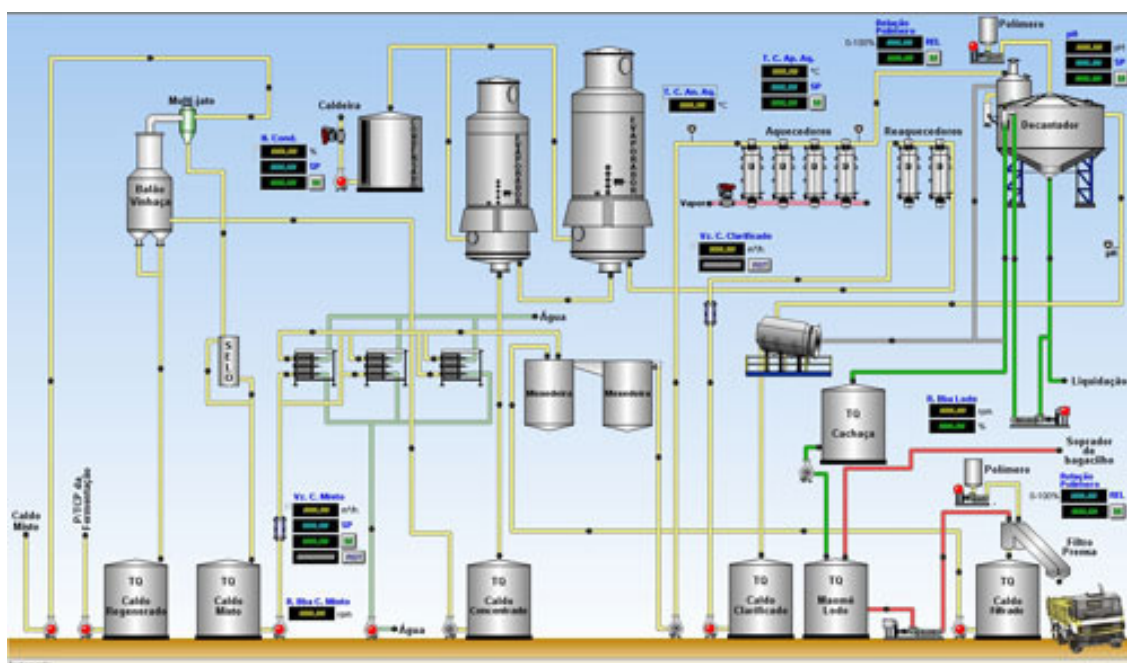


Figura 4 –Tela de supervisorio

Fonte: http://www.smar.com/brasil/noticias/conteudo.asp?id_not=674

Um sistema supervisorio tem a capacidade de adquirir dados de vários hardwares distintos. A tarefa do sistema é integrar esses componentes, fazendo com que eles transformem-se em um único sistema de trabalho (PARK; MACKAY, 2003). Esses dados podem ser analisados em Interface Homem-Máquina (IHM's), e, além da possibilidade de verificar os dados visualmente, é possível analisar o processo produtivo através de estatísticas.

Os sistemas SCADAs são compostos pela unidade central de processamento e de uma ou mais estações remotas, chamadas de unidades remotas de controle. Esses componentes trocam informações através de um meio de comunicação. A Figura 5 apresenta a estrutura física de um sistema SCADA. No topo da figura estão representados alguns processos e cada processo

com a sua unidade remota de controle, chamado de escravo. Todas essas unidades trocam informação através de uma unidade centralizadora, chamada de mestre. Essa unidade, por sua vez, troca informações com o Servidor, fornecendo informações aos usuários que analisam ou operam cada um dos processos.

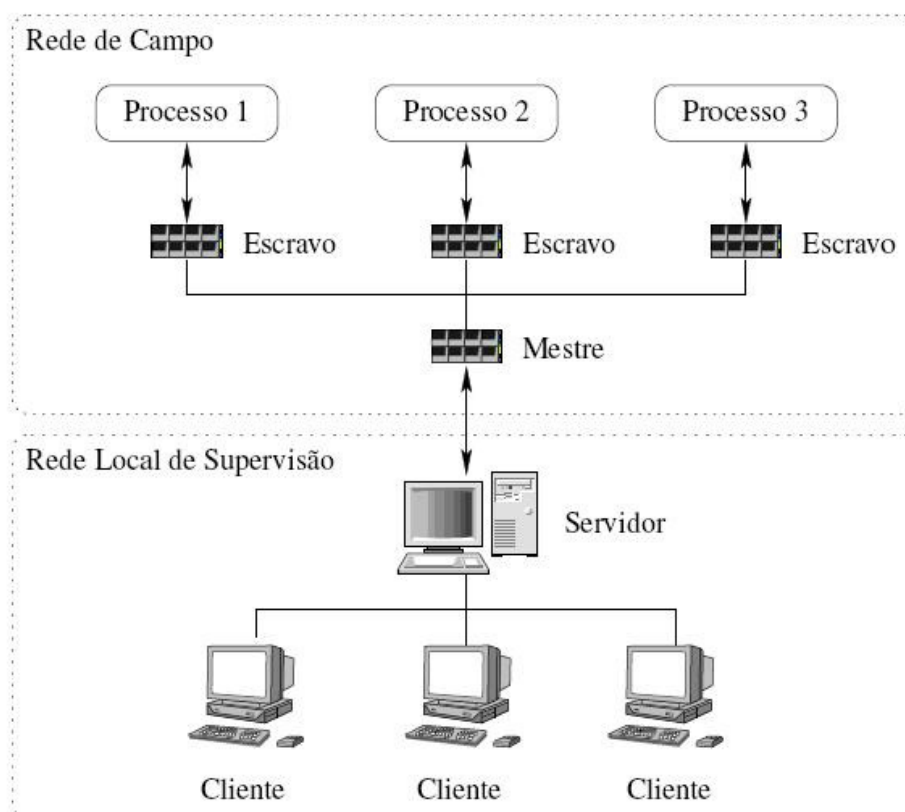


Figura 5 – Estrutura física de um sistema SCADA

Fonte: SOUZA (2005).

2.3 PADRÃO OPC

OPC é a sigla para OLE para Controle de Processos (*Object Linking and Embedding for Process Control*), sendo baseado nas tecnologias Microsoft OLECOM (*Component Object Model*) e DCOM (*Distributed Component Object Mode*). O OPC é um conjunto comum de interfaces, métodos e propriedades de comunicação, agregados dentro de uma especificação padronizada e aberta para acesso público. Teoricamente, qualquer pessoa com conhecimentos de programação pode desenvolver seus aplicativos OPC, basta acessar as especificações contidas no *web site* da *OPC Foundation* e desenvolver uma interface compatível (PUDA, 2008).

As tecnologias do padrão OPC permitem a integração dos dados de toda a empresa, sejam provenientes do chão de fábrica ou dos setores corporativos. Sendo um padrão aberto, o

OPC separa os sistemas das dificuldades de comunicação, criando uma camada única e padronizada que permite a fácil integração de diversos sistemas (PUDA, 2008).

Segundo Santos (2007), o OPC permite ainda a integração de produtos do MS Office e sistemas de informação da indústria, como ERP (*Enterprise Resource Planning*) e MES (*Manufacturing Execution Systems*). As aplicações que utilizam OPC são baseadas no modelo de cliente-servidor, sendo que muitos *softwares* são baseados nesse modelo. Tipicamente, os servidores fazem conexão com *hardwares*, banco de dados ou alguma fonte de dados. Geralmente não possuem interface com o usuário e sim aplicativos que são executados em segundo plano. Já as aplicações clientes têm interfaces que permitem mostrar as entradas de dados (BERGE, 2005).

O padrão OPC surgiu em função das necessidades dos fabricantes possuírem uma forma padronizada para acessar dados no sistema operacional *Windows*. Após o surgimento da especificação do OPC versão 1.0, uma série de outras especificações foram criadas ao longo dos anos. A fundação OPC (OPC FOUNDATION, 2006), estabelece as seguintes subdivisões para as especificações:

OPC Common Definitions and Interfaces fornece e descreve definições, interfaces e serviços comuns a todas as especificações (versão 1.00);

OPC Data Access (DA) principal especificação do OPC fornece a funcionalidade de transferência de dados de tempo real e contínua de CLPs, SDCDs e outros, para IHMs, sistemas supervisórios e similares (versão 3.00);

OPC Alarms & Events (AE) fornece notificações de alarmes e eventos sob demanda, como alarmes de processo, ações do operador, auditoria, etc. (versão 1.10);

OPC Historical Data Access (HDA) fornece mecanismos consistentes e uniformes de acesso a dados de histórico já armazenados (versão 1.20);

OPC Batch traz a filosofia do OPC às aplicações de processamento em batelada (batch processing), permitindo mecanismos de troca de informações e condições operacionais atuais em equipamentos que implementam este tipo de controle. É uma extensão da OPC-DA (versão 2.00);

OPC Data eXchange (DX) é uma extensão do OPC-DA, e fornece mecanismos para troca de dados entre diferentes servidores OPC-DA através de redes de campo heterogêneas, incluindo serviços de configuração, diagnóstico, monitoração e gerenciamento remotos (versão 1.00);

OPC Security fornece mecanismos de controle de acesso a informações de processo e proteção contra modificações não autorizadas de parâmetros do mesmo (versão 1.00);

OPC XML-DA (XMLDA) é a extensão da OPC-DA, fornece mecanismos consistentes e flexíveis para apresentação dos dados de chão de fábrica usando a linguagem XML, permitindo sua apresentação em navegadores web via Internet/Intranet (versão 1.01);

OPC Complex Data é outra extensão da OPC-DA, permite aos servidores a descrição e representação de formatos de dados mais complexos, tais como estruturas binárias, Arrays e outros. Vem sempre associada à DA ou à XMLDA (versão 1.00).

Segundo Fonseca (2008), em sua obra mostra as vantagens do surgimento do OPC são:

- Padronização das interfaces de comunicação entre os servidores e clientes de dados de tempo real, facilitando a integração e manutenção dos sistemas;
- Eliminação da necessidade de *drivers* de comunicação específicos (proprietários);
- Melhoria do desempenho e otimização da comunicação entre dispositivos de automação;
- Interoperabilidade entre sistemas de diversos fabricantes;
- Integração com sistemas MES, ERP e aplicações Windows;
- Redução dos custos e do tempo para desenvolvimento de interfaces e *drivers* de comunicação, com conseqüente redução do custo de integração de sistemas;
- Facilidade de desenvolvimento e manutenção de sistemas e produtos para comunicação em tempo real;
- Facilidade de treinamento.

Na Figura 6 está representada a arquitetura Cliente Servidor do OPC que explicita a vantagem de usar o OPC. Em arquiteturas convencionais são utilizados vários drivers para cada ponto do processo automatizado, para o caso da figura 6 basta possuir o drive OPC. As unidades remotas de controle do processo possuem a integração das informações graças ao *driver* OPC, sendo que todos os *drivers* estão conectados à rede *Ethernet* que por sua vez se conecta ao Servidor.

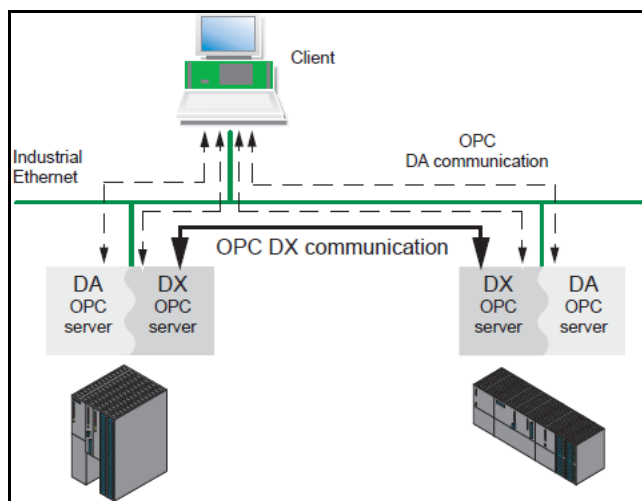


Figura 6 – Troca de dados entre servidores OPC
Fonte: SIEMENS (2006, cap. 3, p. 29).

2.4 Web 2.0 - RICH INTERNET APPLICATION

Na atualidade, a *web* é amplamente utilizada na distribuição de informações em ambiente privado/coorporativo e sua interatividade permite o desenvolvimento de *sites* que podem ser personalizados de acordo com a preferência do cliente/usuário.

A Figura 7 apresenta um exemplo de centro de operação de medição utilizando a *web*. Esse centro constitui-se de uma plataforma de serviços de medição que permite à concessionária de energia e grandes consumidores de energia realizarem operações de balanço energético, detecção de irregularidades e automação do faturamento, integrando informações da medição com os sistemas corporativos da empresa. Na Figura 7 o Subsistema Remoto é o conjunto de medidores eletrônicos com saída serial e protocolo NBR 14.522, que compõem o parque de medição da concessão, somados às interfaces de comunicação (remotas) necessárias para a conexão destes equipamentos ao Subsistema Central. Os Sistemas de Comunicação são os meios de comunicação disponíveis na área de concessão da empresa. O Subsistema Central é o conjunto de equipamentos de *hardware* e *software* necessários para disponibilizar ao cliente uma plataforma para gerenciamento da medição.

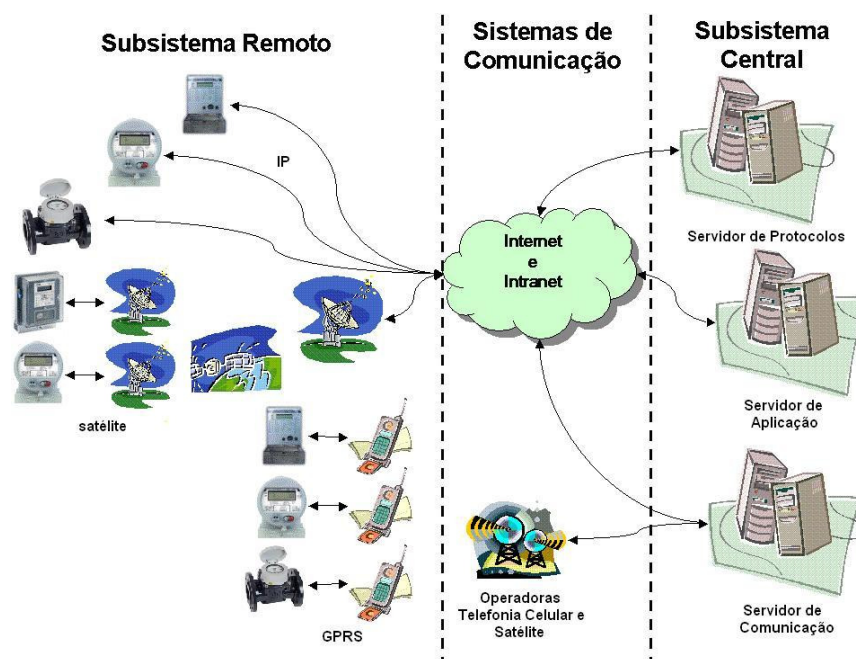


Figura 7 – Centro de operação utilizando Web
 Fonte: <http://www.senergy.com.br/Site/com.html>

Explorando o conceito da *web 2.0*, verifica-se que *sites* na atualidade possuem uma integração mais eficiente com a interface no cliente (*browser*) e contam com protocolos mais poderosos. Esse conceito da *web 2.0* é denominado *Rich Internet Application* (RIA) (NISHIDA, WENCESLAU, 2009).

Aplicações RIA, são aplicações implementadas no servidor que utilizam a tecnologia *Rich Client* e que tiram vantagem da tecnologia do lado cliente para prover uma nova classe de *Websites* interativos e dinâmicos com a sofisticação de aplicações *desktop* (Barbosa, 2007).

Além a oferecer uma ampla variedade de controles (*sliders*, *date pickers*, *Windows*, *abas*, *spinners gauges* e assim por diante), RIAs permite geralmente que você construa gráficos perfeitos com qualquer SGQ (*Scalable Vector Graphics*) ou algum outro mecanismo. Algumas tecnologias RIA podem prover animações completas em resposta a mudanças nos dados (O'ROURKE, 2004).

Segundo (Macromedia, 2002), são necessárias três tecnologias para a disponibilização de aplicativos *web* com interfaces ricas:

- **Tecnologia *Rich Client*:** A tecnologia *Rich Client* fornece a capacidade do lado do cliente, que possibilita o uso de aplicativos "interfaces ricas" aproveitando da melhor forma possível a potência de processamento local, isto é, dos computadores e dispositivos do usuário. Os dois fatores fundamentais na escolha de uma tecnologia *Rich Client* são o seu grau de adoção e a sua capacidade.

- Tecnologia de Servidores: Para estabelecer a conexão dos *Rich Client* aos dados e *software* dos aplicativos, é necessária uma nova tecnologia, que forneça um ambiente veloz de criação de *script*, integração empresarial, conectividade a cliente e compatibilidade com os principais padrões do setor. Além dos recursos fornecidos pelos aplicativos comuns de bancos de dados, os aplicativos "interfaces ricas" têm o potencial de incorporar comunicação bidirecional e dados em tempo real, necessitando, para isso, de uma nova geração de recursos de servidores de comunicação;
- Ferramentas de Desenvolvimento: A tecnologia de cliente e de servidor não significa nada sem um conjunto de ferramentas poderosas e simples de usar que permitam aos desenvolvedores começar a trabalhar sem demora e disponibilizar soluções avançadas. Devido à sua arquitetura de cliente/servidor, os aplicativos "interfaces ricas" necessitam dispor de uma variedade de ferramentas de desenvolvimento que funcionem em conjunto.

Ainda segundo Berge (2005), normalmente o servidor *web* possui uma máquina dedicada, sendo separado do restante de outras aplicações, como o servidor OPC, para o qual também é recomendado um computador específico.

3 PROPOSTA DE ARQUITETURA DO SISTEMA

O presente capítulo iniciará com a apresentação do sistema SCADA sugerido para uma PCH e posteriormente a aplicação dos conceitos inerentes ao OPC e a interface gráfica via *web* que foram desenvolvidos.

3.1 REQUISITOS PARA O SCADA DE UMA PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA

O controle e automação de uma Pequena Central Hidrelétrica são obtidos pela utilização de módulos de *hardware*, *software*, transdutores e sensores, de forma a se conseguir a automatização desejada. A integração desses equipamentos digitais é denominada de Sistema Digital de Supervisão e Controle, ou seja, sistema SDSC.

O SDSC é o sistema SCADA de uma PCH e deve propiciar a operação segura, possibilitando ao operador monitorar e controlar a PCH através das estações de operação e engenharia na sala de controle. O SDSC deve ser projetado considerando que a PCH terá operação assistida local e, também, deverá ter recursos para operação a partir de um Centro de Operação Remoto (COR) e supervisão pelo Centro Regional de Operação (CRO) da concessionária responsável pela interligação da PCH ao sistema elétrico.

Um SDSC típico deve cobrir os equipamentos e sistemas principais da PCH, que são, 2 (duas) unidades geradoras, 1 (um) transformador elevador, 1 (uma) SE elevadora com uma linha de transmissão, serviços auxiliares elétricos e mecânicos, comportas da tomada d'água e medições hidráulicas.

A seguir são descritas, resumidamente, as funções do SDSC relativas a cada grupo funcional e ao processamento dos dados para comunicação com o COR/CRO:

- a) Unidades Geradoras: O SDSC deve supervisionar e controlar as ações relativas às sequências de partida e parada de cada unidade da PCH, monitorar os estados e as condições anormais dos equipamentos principais, permitir a leitura de grandezas elétricas e mecânicas e monitorar a atuação dos dispositivos de proteção.
- b) Subestação Elevadora: O SDSC deve monitorar os estados e as condições anormais das seccionadoras e disjuntores principais, efetuar os comandos de disjuntores e seccionadoras de alta tensão, as leituras de grandezas elétricas da linha e as informações dos dispositivos de proteção elétrica da linha e da subestação, além de efetuar comandos e monitorações relativos aos serviços auxiliares da subestação.

- c) Serviços Auxiliares e Transformador Elevador: O SDSC deve comandar e monitorar os disjuntores de entrada e saída das barras dos quadros principais de distribuição de corrente alternada (CA), monitorar os estados e condições anormais das seccionadoras de média tensão, e as informações relativas aos serviços auxiliares da PCH, tais como, sistema de corrente contínua, de ar comprimido, transformador de serviços auxiliares, disjuntores de serviços auxiliares, sistema de drenagem, sistema de esgotamento, sistema de água de resfriamento, grupo gerador de emergência etc. Os motores dos sistemas auxiliares mecânicos principais deveram ser comandados pelo SDSC. Este deve monitorar, também, as informações relativas ao transformador de serviços auxiliares e comandar os respectivos sistemas de ventilação.
- d) Tomada d'Água e Medições Hidráulicas da Barragem: O SDSC deve supervisionar as comportas da Tomada d'Água e os respectivos sistemas auxiliares elétricos. Deve monitorar, também, as medições hidráulicas da barragem.
- e) Processador de Comunicações: Na Unidade de Aquisição e Comunicação (UAC) de processamento das comunicações deve ser tratados os sinais para serem enviados para o COR e adequados os protocolos de comunicação.

A estação de operação será o cliente/servidor do sistema. A estação deverá englobar todos os grupos funcionais, de forma a possibilitar ao operador visualizar o que ocorre na PCH e também habilitar a execução de comandos, gerenciamento de alarmes e solicitação de relatórios.

Os roteadores (ou outros dispositivos de rede) devem permitir estender a rede do SDSC até o posto de operação remoto, no qual devem estar disponíveis as mesmas funcionalidades da estação de operação na PCH.

O sistema de supervisão e controle de uma PCH e respectiva subestação elevadora deve ser concebido de forma a permitir a operação a partir de pelo menos três níveis hierárquicos de comando:

- a) Nível 1: Nível de controle local, realizado nos painéis das UACs (local);
- b) Nível 2: Nível de controle da PCH, realizado no Centro de Operação da PCH (COP);
- c) Nível 3: Nível de controle remoto, ou Centro de Operação Remoto (COR).

A seleção do nível de controle pelo COR ou pelo COP pode ser realizada diretamente nas estações de operação localizadas nas respectivas salas de controle. O nível de controle local

pode ser selecionado apenas no painel da respectiva UAC e, uma vez selecionado, nenhuma operação de um nível superior sobre o referido painel poderá ser aceita.

As estações de operação localizadas no COR e no COU possuem as mesmas funcionalidades e características de desempenho. Dentre as funcionalidades, é considerado que a PCH pode ser totalmente controlada a partir das referidas estações de operação (local ou remoto), sendo desnecessária qualquer intervenção local nos painéis ou equipamentos.

As funções de proteção elétricas ou mecânicas ativam contatos em quantidades suficientes para as funções requeridas sendo, pelo menos, um para a UAC da unidade geradora correspondente e um para os relés de parada de emergência. Em qualquer caso, deve ser garantida a ativação das funções críticas de parada em caso de falha no SDSC. Em condições normais, o SDSC atua paralelamente ao sistema de paradas de emergência.

O SDSC deve ser projetado para que, durante a operação normal, a taxa de uso das CPUs não atinjam índices superiores a 50%.

O sistema de controle é projetado para permitir a operação degradada, na ocorrência da falha parcial ou total do COR, falha do canal de comunicação da PCH – Estação Remota, falha do Módulo de Operação e Supervisão. Esta ocorrência acarreta a perda do comando remoto dos equipamentos e/ou à supervisão da PCH. A potência gerada pela PCH e a sua configuração permanecerão inalteradas, prevalecendo a situação existente no momento da falha. A supervisão e o controle da unidade e da subestação elevadora da PCH permanecem disponíveis na UAC. O controle pode ser feito da UAC com uma interface implementada na Estação Portátil de Engenharia e Manutenção ou através de dispositivos no painel de controle local.

Em caso de falha em uma UAC, a unidade permanece operando no estado em que se encontrava no instante da falha.

No caso de falha em *hardware*, as saídas de comando da UAC serão inibidas. Medições parciais das condições de operação estão disponíveis, onde são previstos meios para ajustes de potência ativa e reativa da unidade, para parada e partida passo a passo.

O controle da unidade geradora, em condições degradadas ou em emergência, é efetuada a partir dos Quadros de Controle Local dos equipamentos.

A arquitetura do sistema SDSC está representado na Figura 8.

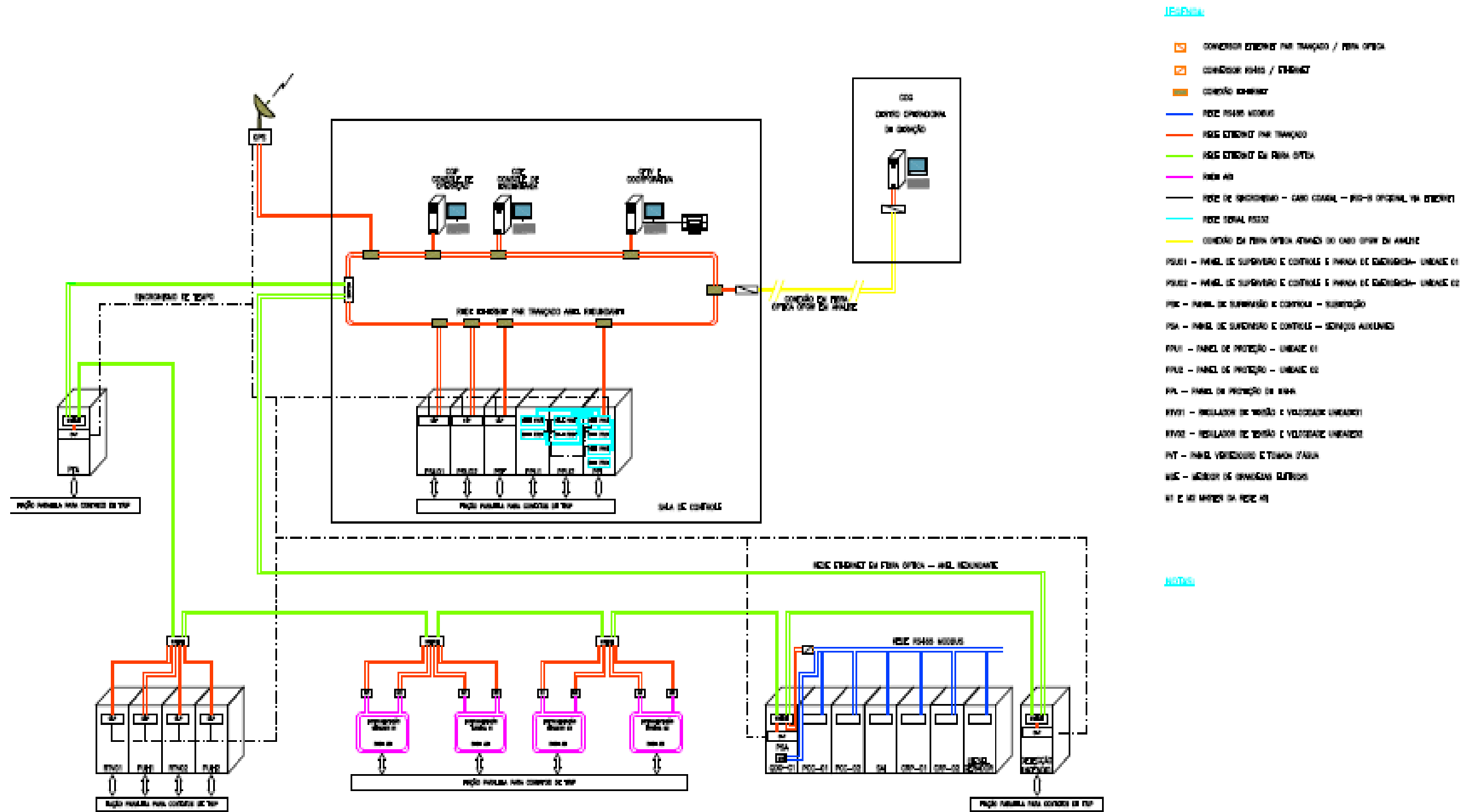


Figura 8 – Proposta da topologia a ser adotada no projeto
 Fonte: Autoria própria.

A arquitetura apresentada é dividida em alguns subsistemas. O bloco no inferior da arquitetura é o bloco dos reguladores de velocidade das turbinas, onde a comunicação é feita a partir de uma rede *Ethernet* até o *Switch* concentrador, que fica localizado na casa de comando da usina. Esse *Switch* é inserido em um anel que se comunica utilizando fibra óptica. O anel é formado, também, pelos painéis do sistema de serviços auxiliares eles estão conectados entre si por uma rede *Modbus RS485*, que é conectada em um conversor *RS485/Ethernet* e, posteriormente, conectado no anel. O sistema de detecção de incêndio fica conectado na rede ao lado do sistema de serviços auxiliares.

O fechamento desse anel é feito por outros dois subsistemas. O primeiro representa toda a instrumentação das turbinas e dos geradores e fornece informação para trip das proteções (acionamento das proteções). O segundo subsistema é um anel redundante que está configurado com a supervisão dos painéis de proteção da linha de transmissão, da subestação e das unidades geradoras. Nesse mesmo anel redundante são conectados os consoles de operação, engenharia e a conexão com o centro de operação de geração, que é feito através de fibra óptica *Optical Ground Wire* (OPGW).

3.2 PROPOSIÇÃO DA UTILIZAÇÃO Web /OPC

Na arquitetura proposta, todos os CLPs (Controlador Lógico Programável) terão comunicação com um Servidor OPC, neste caso o OPC XML-DA. O servidor possuirá drivers para prover essa comunicação com os equipamentos da PCH. O ideal é que os *drivers* utilizados sejam gratuitos mas, em alguns casos, dependendo do driver, é necessária a aquisição do *driver*.

Em sua grande maioria a interface utilizada no *software* de supervisão tem aparência familiar no padrão *Windows*. Nesse contexto, conforme apresentado no Capítulo 2, uma solução para a demanda do projeto é a utilização da tecnologia *Rich Client*, que possibilita a criação de interfaces de supervisão e controle *web*.

A ferramenta escolhida para o trabalho proposto é a *Flex™ Builder™*, da Adobe. Este *software*, necessita de licença, no entanto não é necessário a compra de licenças para as estações aonde os operadores da PCH irão trabalhar. A ferramenta é de fácil uso e existem diversas apostilas/manuais que exemplificam seu funcionamento. Vale salientar que o uso desta ferramenta propicia uma interface rica graficamente e robusta para o usuário.

Para a implementação do servidor OPC XML-DA é utilizado o *web Service*, onde estão os processos para a aquisição dos dados. Para o funcionamento do aplicativo *web* com o *web Service* é necessário uma interface gráfica utilizando *scripts*. A interface ficará responsável pela solicitação de dados dos CLP's e, também, os dados escritos. Na *internet*, os fabricantes

disponibilizam gratuitamente modelos desses *web Service* de integração e são encontrados vários exemplos desse tipo de sistema,. Não foi implementado no projeto nenhum tipo de programação para o servidor. Na Figura 9 pode ser observada a proposta de integração da página *web* com o servidor OPC.

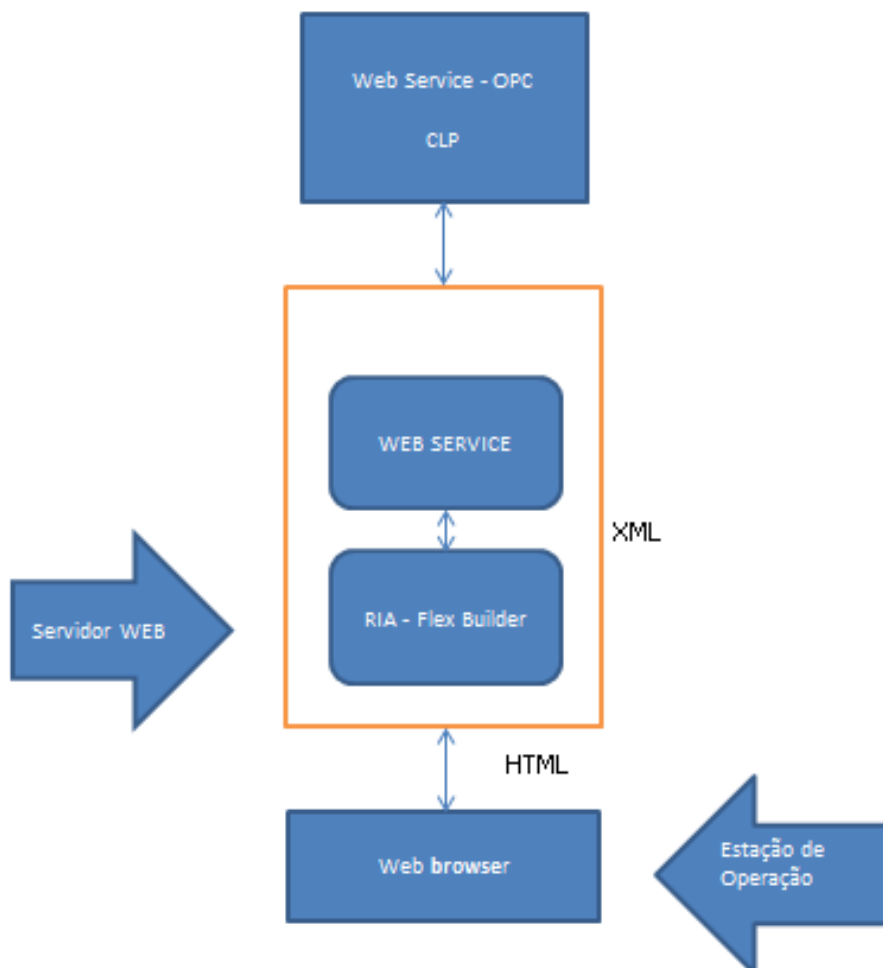


Figura 9 – Integração WEB com o servidor
Fonte: Autoria própria.

A integração da *web* com o servidor é subdividida nos blocos da Figura 9. Em uma das extremidades do sistema tem-se a Estação de Operação, no qual será programada/instalada a tela de supervisão. Essa programação é feita com o *Flex Builder*. O servidor *web Service* vai ser responsável pela integração entre o CLP e o *web Browser*.

A instalação do aplicativo do servidor OPC pode ser feita com base no manual do fabricante conforme apresentado na Figura 10.

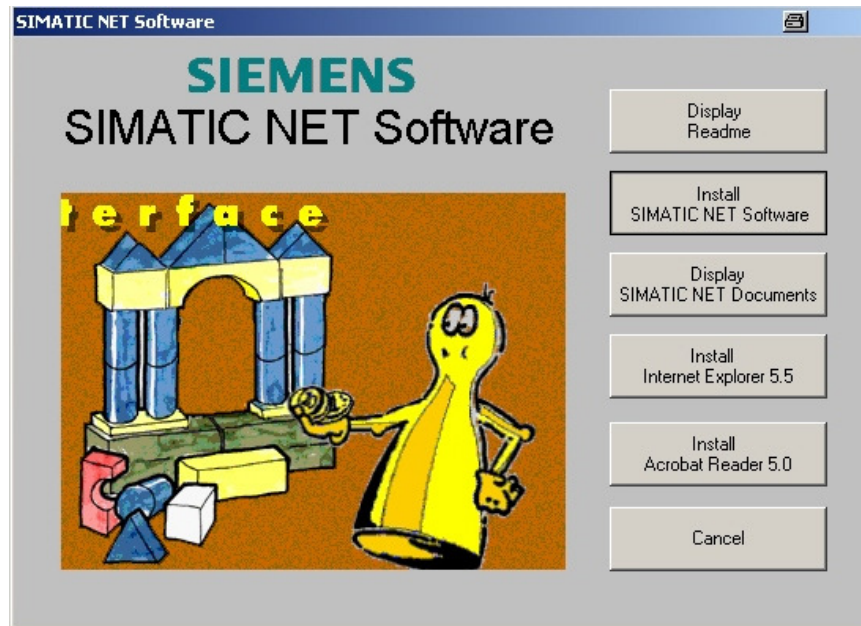


Figura 10 – Wizard da instalação e comissionamento do servidor OPC

Fonte: Siemens (2012)

Depois de instalado, o *software* SIMATIC foi criado um novo projeto, para iniciar as configurações do servidor OPC. Figura 11 mostra a tela inicial, aonde foi criado o projeto Opcsrv1. Foram criados dentro do projeto alguns *object name* (*Configuration*, *OPC Server* e *IE General*).

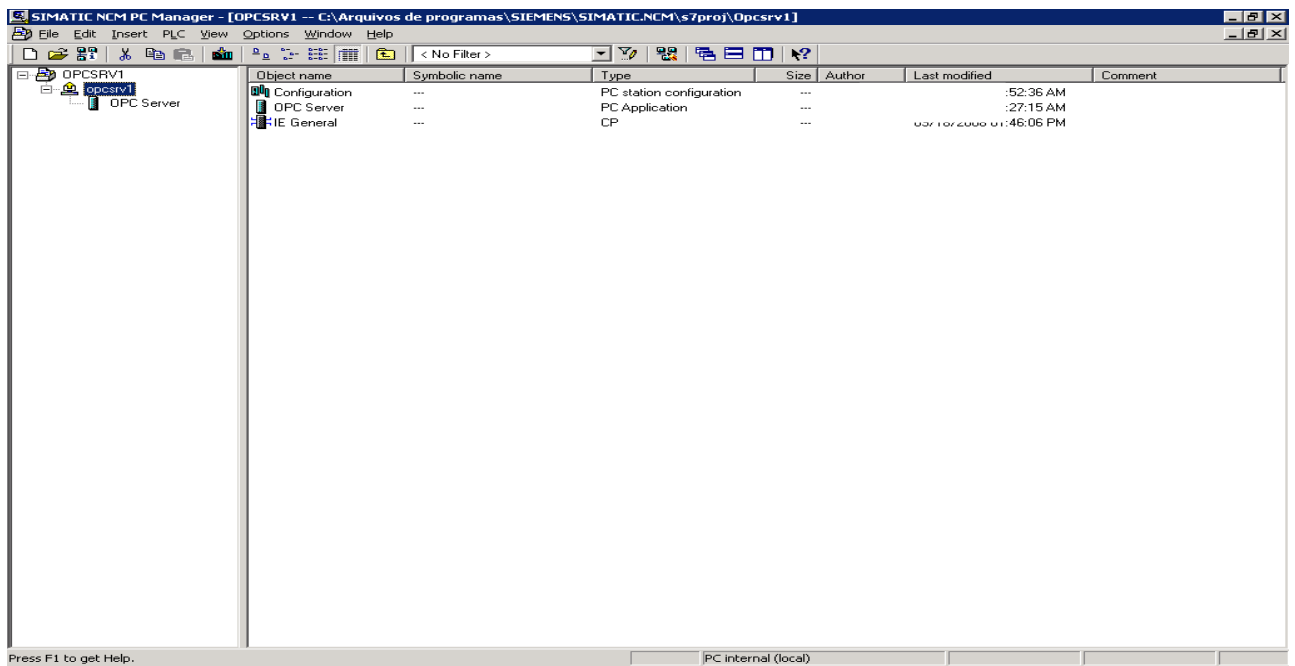


Figura 11 – Interface de administração do servidor OPC Siemens SIMATIC

Fonte: Autoria própria.

Uma vez criado o projeto, deve ser inserido cada um dos componentes que compõem o servidor OPC. Nos manuais dos fabricantes, fica explícito que a formação do servidor é basicamente, o objeto do próprio servidor OPC, onde estão contidos os *drivers* de comunicação com os Controladores Lógicos Programáveis e a placa de comunicação do servidor. Desta forma, se faz a criação propriamente dita do servidor OPC. Para fazer a inserção destes objetos e suas respectivas configurações pode ser utilizada uma interface específica, o SIMATIC NCM PC Config, que possui as bibliotecas de todos os objetos que podem ser inseridos no projeto do servidor OPC. A comunicação escolhida é feita a partir de uma rede *Ethernet*.

Após a criação do aplicativo criado no *Flex™ Builder™*, para a visualização é necessário um navegador padrão de *internet*. O diferencial do projeto está neste ponto pois, em sistemas comumente utilizados em PCH's, é necessário a instalação de software específico para o supervisor. A base do sistema proposto é o *browser*, padrão escolhido para o funcionamento, sendo que basta instalar o *plugin* do Adobe® Flash™ Player (gratuito) quando requerido nas estações de operação, a página é acessada pelo seguinte endereço URL: `file:///C:/Users/lfo/Adobe%20Flash%20Builder%204.6/Automa%C3%A7%C3%A3o%20Cefet/bin-debug/Main.html`. Acessando este endereço, visualiza-se a página com a tela principal mostrada na Figura 12. Nessa tela, foram criados alguns blocos para indicar as principais características dos dois grupos geradores que são a Potência Ativa, Potência Reativa, Potência Aparente e Potência Reativa. Foi criado um botão que libera o acesso para o controle das variáveis.

A integração da tela criada, com o servidor WEB *Service* e esse servidor com o OPC, possibilitam o controle e a supervisão dos principais sistemas da usina. A programação da tela 12 pode ser visualizada no apêndice A.

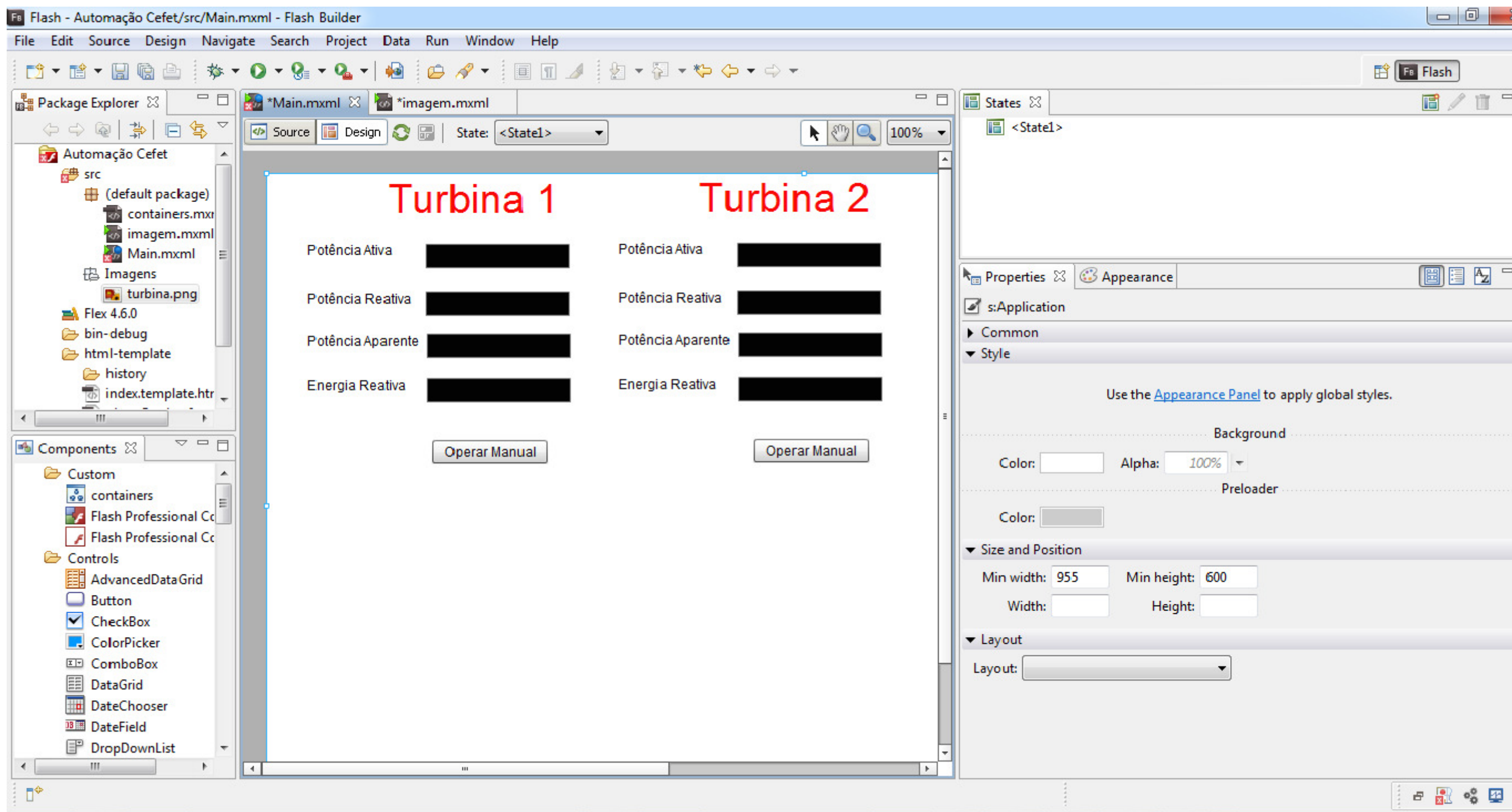


Figura 12– Ambiente de trabalho
Fonte: Autoria própria.

4 CONCLUSÃO

O projeto apresentou uma proposta não usual para a supervisão de uma Pequena Central Hidrelétrica. A utilização de ferramentas de desenvolvimento de aplicativos *web* e comunicação OPC para a automação possibilita o desenvolvimento deste tipo de supervisório.

Com o sistema proposto é possível o desenvolvimento de uma página *web*, sem a utilização de programas pagos de supervisórios, gerando economia para o investidor. Para acessar a tela do supervisório, basta o operador ter instalado um navegador padrão para *internet*.

A utilização da *web* vem sendo amplamente utilizada na indústria e, com a evolução dos sistemas, em novas áreas também. Com a utilização de ferramentas como o Flex, o profissional não precisa de conhecimentos específicos para o desenvolvimento de sistemas supervisórios. Na atualidade, o profissional de automação se especializa em equipamentos e para o desenvolvimento de um novo supervisório, a disponibilidade de informação é grande e de fácil acesso.

Com o Adobe® Flex™, é possível a criação de bibliotecas com diversos objetos utilizados no SDSC. No caso de uma empresa que possui diversas usinas, é interessante a criação dessas bibliotecas de objetos. Pois a criação de telas fica facilitada e mais rápida.

Para a comunicação dos relés e CLPs, foi escolhido o padrão OPC XML-DA, pois o projeto proposto é em plataforma *web*. O OPC XML-DA possui características mais atuais de desenvolvimento e foi criado com padrões naturais para situações com várias estações de trabalho e sua aplicação na plataforma *web* é de fácil utilização.

Para a conexão/integração entre os dados adquiridos nos CLPs e o ambiente desenvolvido no Adobe® Flex™, deve ser utilizado um *web Service*. Para tal, o desenvolvedor deve programar utilizando na linguagem VB.NET com o Microsoft® Visual Studio® 2008.

As facilidades propostas no projeto pode gerar economia para o empreendedor, pois não exige a compra de licenças. No entanto, existem custos para adquirir o *Microsoft® Visual Studio® 2008 Professional*, *Adobe® Flex™ Builder™ 3 Professional* e servidor OPC. Essas ferramentas serão adquiridas apenas uma vez, possibilitando a criação de inúmeros projetos.

REFERÊNCIAS

ATLAS NATIONAL GEOGRÁPHIC: BRASIL. São Paulo: Abril, 2008.

BARBOSA, Glenn Willian. **Estudo comparativo entre tecnologias para desenvolvimento Web**, 2007. Disponível em:

<<http://www.espweb.uem.br/monografias/2005/Estudo%20comparativo%20entre%20tecnologias%20para%20o%20desenvolvimento%20web.pdf>> Acesso em: 10 outubro de 2012.

BERGE, Jonas. **Software for automation: architecture, integration, and security.** 1. ed, ISA, 2005.

BOZZETTO, Jose Luiz; BIANCHI, Flavio C. **Sistema integrado para o controle de pchs – coach.** Disponível em:

<<http://www.cerpch.unifei.edu.br/arquivos/artigos/bb77950065a4ada6b670793383818f83.pdf>> Acesso em: 24 agosto 2012.

CASTRUCCI, Plínio de L; MORAES, Cícero Couto; **Engenharia de automação industrial.** 2. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2007.

CERPCH; **Grupos Hidrogeradores**, Itajubá-MG, 2012, 95, color. Acompanha texto.

CLEMENTE, Leonardo **Seleção da potência instalada ótima de pchs no contexto de mercados competitivos.** Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/Dissertacao_Leonardo_Clemente.pdf> Acesso em: 08 agosto 2012.

ELETROBRÁS - **Centrais Elétricas Brasileiras S.A./ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica. Instruções para Estudos de Viabilidade de Aproveitamentos Hidrelétricos.** Rio de Janeiro, 2000.

FONSECA, Marcos; **OPC UA – Nova arquitetura unificada evolui em tecnologia e aplicabilidade.** Revista Controle e Instrumentação n. 139, 2008, São Paulo.

NASCIMENTO, LEONARDO TAVARES. **Avaliação da utilização de tecnologia de comunicação sem fio em redes PROFIBUS e FOUNDATION Fieldbus™**, Disponível em:<http://www2.ee.ufpe.br/instrumentacao/monografias/Leonardo_Monografia_PROMINP_I.pdf> Acesso em 09 agosto 2012

MACROMEDIA, **Desenvolvimento de Aplicações “rich” para a Internet com o Macromedia MX**. Disponível em <http://www.macromedia.com>. Acesso em: 08 novembro 2012.

NISHIDA, Carlos Alberto Uzai, Wenceslau, Eduardo Candido de Almeida. **Desenvolvimento de um sistema de supervisão e controle industrial distribuídos baseado em tecnologia opc e arquitetura web** 2011 Disponível em: < <http://pt.scribd.com/doc/96238524/Artigo> >. Acesso em: 08 agosto 2012.

O'ROUKE, Cameron. **A look at rich internet application**. Oracle, 2004.. Disponível em: http://www.oracle.com/technology/oramag/oracle/04-jul/o44dev_trends.html Acessado em: outubro de 2012

PARK & MACKAY, 2003 - PARK, J. & MACKAY, S. **Practical data acquisition for instrumentation and control systems**, Newnes Publications, United Kingdom, 2003.

PUDA, A.P. **Padronização da comunicação através da tecnologia OPC**. 2008. Disponível em: <www.isarj.org.br/artigos/Padronizacao-da-Comunicacao-atraves-da-Tecnologia-OPC.pdf > Acesso em 09 agosto 2012

SILVA, Ana Paula, SALVADOR, Marcelo. **O que são supervisórios?**, 2011 Disponível em: <<http://kb.elipse.com.br/ptbr/questions/62/O+que+s%C3%A3o+sistemas+supervis%C3%B3rios%3F>>. Acesso em: 08 agosto 2012.

SANTOS, Thiago de Freitas. **Blue Ocean – desenvolvimento de um sistema scada para pipelines**, 2007. Disponível em: < http://www.wbezerra.com.br/prh34/site/trabahas_finais/graduacao/Thiago%20de%20Freitas%20Santos_PRH34_UFSC_DAS_G.pdf >. Acesso em: 26 agosto 2012.

SIEMENS. **Industrial Communication with PG/PC Volume 1 – Basics**. SIMATIC NET System Manual, Edition 06, 02/2006. 141p.

SOUZA, Rodrigo Barbosa; **Uma arquitetura para sistemas supervisórios industriais e sua aplicação em processos de elevação artificial de petróleo**. 2005. 53f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005. Disponível em: < <ftp://ftp.ppgeec.ufrrn.br/Mestrado/M132.pdf> >. Acesso em: 8 de novembro de 2012.

UDDIN, Safi; MOHAMED, Khalid Nor; SALAM, Sayeed. **Integration technique for an expert system on to a real-time system**. In Proceedings of the TENCON'2000, 2000.

WENDLING, Marcelo. Sensores. Disponível em :<
<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>> Acesso em 26 de novembro de 2012.

APÊNDICE A – EXEMPLO DE CÓDIGO FONTE DA TELA PRINCIPAL

O código abaixo representa parte da programação da tela principal do sistema proposto no trabalho:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<s:Application xmlns:fx="http://ns.adobe.com/mxml/2009"
               xmlns:s="library://ns.adobe.com/flex/spark"
               xmlns:mx="library://ns.adobe.com/flex/mx" minWidth="955"
minHeight="600">
    backgroundImage= "Imagens/turbina.png"
    <fx:Declarations>
        <!-- Place non-visual elements (e.g., services, value objects) here -
->
    </fx:Declarations>
    <s:TextInput x="143" y="185" borderColor="#7A7A7A" chromeColor="#E51111"
color="#3D40B8"
               contentBackgroundColor="#020202" focusColor="#0C7F00"/>
    <s:TextInput x="419" y="184" borderColor="#7A7A7A" chromeColor="#E51111"
color="#3D40B8"
               contentBackgroundColor="#020202" focusColor="#0C7F00"/>
    <s:TextInput x="143" y="145" borderColor="#7A7A7A" chromeColor="#E51111"
color="#3D40B8"
               contentBackgroundColor="#020202" focusColor="#0C7F00"/>
    <s:TextInput x="142" y="64" borderColor="#7A7A7A" chromeColor="#E51111"
color="#3D40B8"
               contentBackgroundColor="#020202" focusColor="#0C7F00"/>
    <s:Label x="37" y="65" height="18" text="Potência Ativa"/>
    <s:Label x="109" y="10" width="161" height="34" color="#FA0909"
fontSize="36" text="Turbina 1"/>
    <s:Label x="37" y="109" height="18" text="Potência Reativa"/>
    <s:Label x="37" y="147" height="18" text="Potência Aparente"/>
    <s:Label x="37" y="187" height="18" text="Energia Reativa"/>
    <s:TextInput x="142" y="107" borderColor="#7A7A7A" chromeColor="#E51111"
color="#3D40B8"
               contentBackgroundColor="#020202" focusColor="#0C7F00"/>
    <s:TextInput x="419" y="144" borderColor="#7A7A7A" chromeColor="#E51111"
color="#3D40B8"
               contentBackgroundColor="#020202" focusColor="#0C7F00"/>
    <s:TextInput x="418" y="63" borderColor="#7A7A7A" chromeColor="#E51111"
color="#3D40B8"
               contentBackgroundColor="#020202" focusColor="#0C7F00"/>
    <s:Label x="313" y="64" height="18" text="Potência Ativa"/>
    <s:Label x="385" y="9" width="161" height="34" color="#FA0909" fontSize="36"
text="Turbina 2"/>
    <s:Label x="313" y="108" height="18" text="Potência Reativa"/>
    <s:Label x="313" y="146" height="18" text="Potência Aparente"/>
    <s:Label x="313" y="186" height="18" text="Energia Reativa"/>
    <s:TextInput x="418" y="106" borderColor="#7A7A7A" chromeColor="#E51111"
color="#3D40B8"
               contentBackgroundColor="#020202" focusColor="#0C7F00"/>
    <s:Button x="148" y="241" label="Operar Manual"/>
    <s:Button x="433" y="240" label="Operar Manual"/>
</s:Application>
```