

# Sistema Integrado de Regulação, Automação e Monitoramento de Unidades geradoras

(Apresentado no ABRAGE 2000)

Mauro Pacheco Ferreira  
Paulo Marcos Paiva  
REIVAX Automação e Controle  
Rodovia SC 401 km 1 - Parque Tecnológico Alfa  
88.030-000 Florianópolis, SC - Brasil  
<http://www.reivax.com.br>

Sandro Moretti  
Nelson Fellizola  
ALTUS Sistemas de Informática S.A.  
Av. São Paulo 555  
90.230-161 - Porto Alegre, RS - Brasil  
<http://www.altus.com.br>

**Resumo:** O presente trabalho aborda os aspectos de controle, monitoração, automação e supervisão local e remota de usinas hidroelétricas. Conceitos básicos e definições são inicialmente apresentados.

A arquitetura do sistema é apresentada, em suas diversas camadas, bem como a arquitetura definida para a rede.

Os equipamentos básicos para efetuar as diversas tarefas são descritos, enfatizando as suas funcionalidades desejáveis.

Ênfase é dada ao controlador integrado de tensão e velocidade.

As conclusões remetem às implementações possíveis com tal sistema e os exemplos de aplicação já em curso pelas duas empresas.

**Palavras-Chave:** Controle, Monitoração, Automação, Supervisão.

## I - INTRODUÇÃO

Este projeto de automação visa a operação desassistida de UHEs através da implantação de um sistema integrado de supervisão, monitoramento, controle e automatismo. As seguintes necessidades são contempladas no escopo básico:

- Automação da UHE, com baixa dependência de operadores locais;
- Estabelecimento de IHM - Interface Homem Máquina local na planta da UHE para operação, envolvendo supervisão e comando;
- Estabelecimento de IHM remota em centros de operação, com viabilidade para operação desassistida;
- Estabelecimento de IHM portátil para manutenção dos sistemas de controle, CLPs e supervisórios da UHE;
- Estabelecimento de IHM remota para manutenção;
- Disponibilização de unidade de concentração de dados e de comunicação na UHE, para atendimento a outras áreas (ANEEL, ONS, etc.);

No tocante ao controle primário das unidades geradoras, ênfase é dada ao regulador integrado de tensão e velocidade, que reduz substancialmente os interfaces de controle, possibilitando redução significativa de custos e outras vantagens.

## II - ARQUITETURA EM CAMADAS

A solução para automação é proposta com base em uma arquitetura definida em camadas hierárquicas, conforme estabelecido a seguir:

- Camada 0 - Instrumentação;
- Camada 1 - Aquisição, registro, controle e automatismo;
- Camada 2 - Supervisão e manutenção local;
- Camada 3 - Supervisão e manutenção remota.

A arquitetura em camadas é ilustrada na Figura 1.

### 1 - Camada 0: Instrumentação

Esta camada representa a interface com o sistema físico da planta. É responsável pela disponibilização dos pontos necessários para interação do sistema para automação com a planta. Envolve os pontos de entradas e saídas analógicas e digitais associadas aos diversos equipamentos de instrumentação instalados na planta, tais como multimetro, transdutores, pressostatos, proteções, etc.. Os padrões para disponibilização de sinais são definidos conforme as características apresentadas a seguir:

- Sinais diretamente de pontos disponíveis na planta  
Analógicos: -10 a +10 V e 4-20 mA  
Digitais: Contato seco
- Sinais de equipamentos via rede de comunicação  
Rede de comunicação: RS-485 coaxial  
Protocolo: MODBUS (escravo)

Isto significa que qualquer equipamento ou sensor de campo que venha a ser inserido nessa camada e tenha que comunicar-se com o sistema deverá ter disponível uma porta serial padrão RS-485 / MODBUS – Escravo. Caso contrário deverá oferecer saídas a contato seco ou saídas analógicas (-10V a +10V ou 4 a 20 mA) que serão conectadas nas entradas dos CLPs ou Controladores.

### 2 - Camada 1: Aquisição, Registro, Controle e Automatismo

Esta camada representa o conjunto de equipamentos disponíveis na planta para a completa automação do processo. Pode ser dividida em dois segmentos: Subsistemas e Processo.

**Subsistemas:** Envolve os equipamentos dedicados aos subsistemas do processo, tais como os Sistemas de Controle e CLPs de aplicações específicas.

**Processo:** Envolve os equipamentos dedicados a automação do processo, normalmente CLPs.

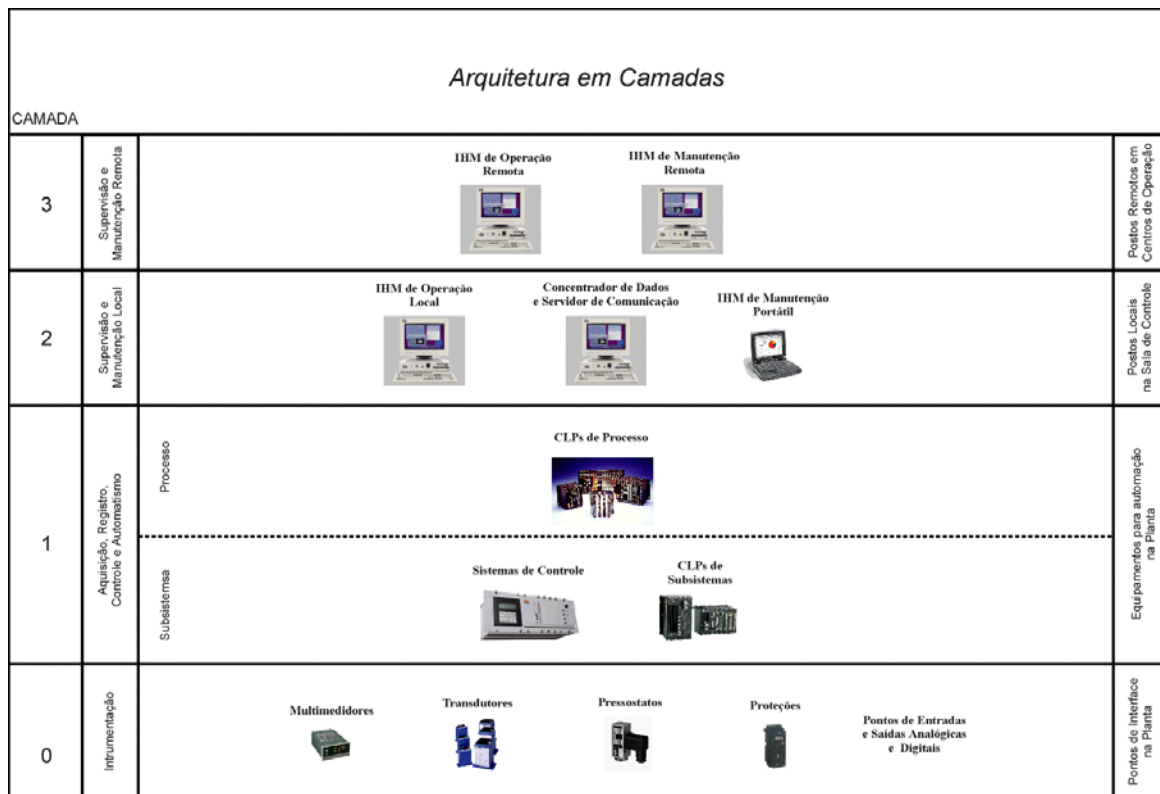


FIGURA 1 - Arquitetura em camadas para automação

Como funcionalidades básicas, esta camada deve atender as necessidades de aquisição e registro de sinais, e controle e automatismo necessários para ao processo. Os padrões para disponibilização de sinais e dados são definidos conforme as características apresentadas a seguir:

- Sinais diretamente de pontos disponíveis na planta:  
Analogicos: -10 a +10 V e 4-20 mA  
Digitais: Contato seco
- Sinais de equipamentos via rede de comunicação  
Rede de comunicação: Ethernet fibra ótica 10/100 Mbps e/ou RS-485  
Protocolo: TCP/IP - MODBUS TCP (mestre/escravo) e/ou MODBUS em RS-485 (mestre/escravo)
- Arquivos de dados via rede de comunicação  
Rede de comunicação: Ethernet fibra ótica 10/100 Mbps  
Protocolo: TCP/IP - FTP

### 3 - Camada 2: Supervisão e Manutenção Local

Esta camada representa os consoles de alto nível para instalação na sala de controle da planta. Envolve equipamentos para operação, manutenção, concentração de dados e comunicação com sistemas remotos. Os padrões para disponibilização de sinais e dados são definidos com estas características:

- Sinais de equipamentos via rede de comunicação  
Rede de comunicação: Ethernet fibra ótica 10/100 Mbps e/ou RS-485 fibra ótica

Protocolo: TCP/IP - MODBUS TCP (escravo) e/ou MODBUS RS-485

- Dados via rede de comunicação  
Rede de comunicação: Ethernet fibra ótica 10/100 Mbps  
Protocolo: TCP/IP  
Padrão de acesso: ODBC
- Arquivos de dados via rede de comunicação  
Rede de comunicação: Ethernet fibra ótica 10/100 Mbps  
Protocolo: TCP/IP - FTP

### 4 - Camada 3: Supervisão Remota

Esta camada representa os consoles de alto nível para instalação em centros de controle remotos. Envolve equipamentos para operação, manutenção, e comunicação com sistemas locais. Os padrões para disponibilização de dados e sinais são definidos conforme as características apresentadas a seguir:

- Sinais de equipamentos via rede de comunicação  
Rede de comunicação: Ethernet fibra ótica 10/100 Mbps  
Protocolo: TCP/IP
- Dados via rede de comunicação  
Rede de comunicação: Ethernet fibra ótica 10/100 Mbps  
Protocolo: TCP/IP  
Padrão de acesso: ODBC
- Arquivos de dados via rede de comunicação  
Rede de comunicação: Ethernet fibra ótica 10/100 Mbps  
Protocolo: TCP/IP - FTP

### III - ARQUITETURA EM REDE

A arquitetura para interconexão em rede dos equipamentos para o projeto de automação proposto é ilustrada na Figura 2.

#### 1 - Rede de Supervisão e Manutenção Local

Esta rede segue o padrão Ethernet TCP-IP ou NetBeui para troca de dados entre as estações de operação local e o concentrador de dados. Esta rede terá suas conexões concentradas em um *router*.

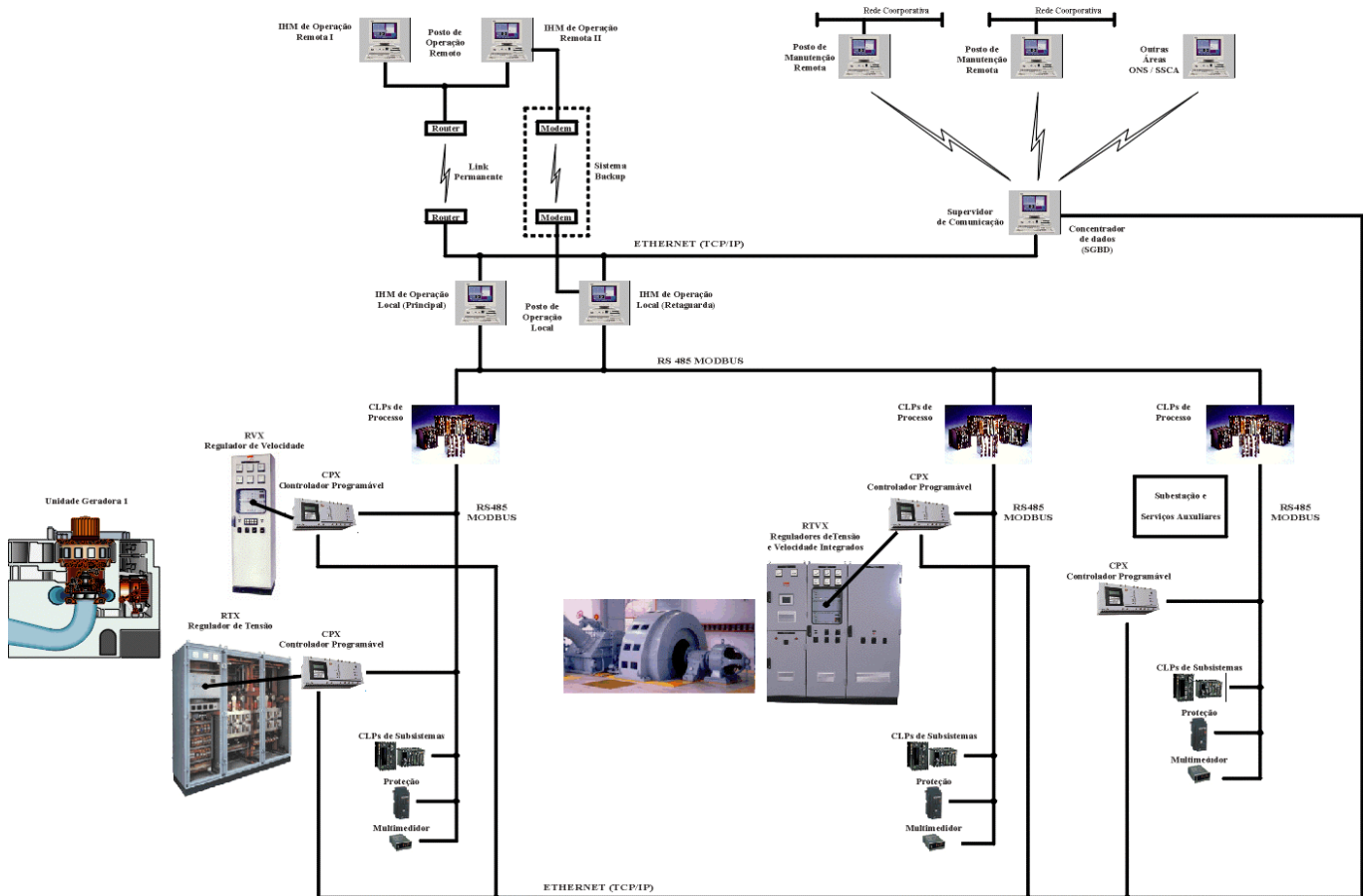


FIGURA 2 - Arquitetura em rede

#### 2 - Rede de Aquisição e Automação - Processo

Segue o padrão MODBUS RTU / RS-485, possibilitando a conexão futura com equipamentos de outros fabricantes. O mestre dessa rede é a estação de operação local, trabalhando em *Hot-Stand by*. Os links de rede entre equipamentos são preferencialmente implementados através de fibras óticas.

#### 3 - Rede de Aquisição e Automação - Subsistemas

Também segue o padrão MODBUS RTU/RS-485. O mestre é o CLP de Processo. Os links de rede entre equipamentos são preferencialmente implementados através de fibras óticas.

#### 4 - Rede de Registros - Sistemas de Controle

Esta rede deve ser no padrão Ethernet TCP-IP para troca de dados entre o concentrador de dados e os sistemas de controle

com as funcionalidades de registradores para a monitoração das unidades geradoras.

#### 5 - Link entre IHMs de Operação Local e Remota

Este link deve ser feito por meio de linha de comunicação privativa, sendo que a conexão com a rede de supervisão e manutenção local poderá ser feita utilizando-se *routers* em um link permanente e modems em um sistema *backup*.

#### 6 - Link entre Concentrador de Dados e Postos de Manutenção Remotos

Este link também deve ser feito por meio de linha de comunicação privativa, não necessitando de links permanentes. Podem ser utilizados modems para acesso discado remoto.

### IV - EQUIPAMENTOS PARA AUTOMAÇÃO

As especificações dos principais equipamentos componentes do sistema de automação, para atendimento da arquitetura em camadas, são aqui apresentadas.

### **1 - Sistemas de Controle**

Os sistemas de controle devem se baseados em controladores programáveis com as seguintes características básicas:

- Microprocessador padrão industrial de 32 bits, arquitetura PC-Pentium compatível e memória não volátil tipo Flash Disk com no mínimo 4 MB para armazenamento de software, configurações e registros de operação;
- Software embarcado de operação sobre núcleo tempo-real (RTOS);
- Totalmente programável através de diagramas de blocos, com software de programação em português para ambiente amigável WINDOWS executado em microcomputador externo conectado via interface de comunicação. Disponibilidade de biblioteca de blocos especializada para programação de aplicações em Controle e Proteção;
- Funcionalidades de software para aquisição de dados e registrador de perturbações, com resolução mínima de 1 milissegundo e tempo de registro contínuo de até 120 segundos e registro e armazenagem de distúrbios (aquisição de dados), com trigger dinamicamente programável, para fins de reajuste, análise de ocorrências, modelagem e estudos de manutenção. Transferência de arquivos via rede de comunicação em protocolo padrão TCP/IP-FTP, com funcionalidade configurável;
- Conectividade a outros equipamentos e sistemas industriais disponíveis no mercado, com comunicação através de protocolos padronizados, como TCP/IP - MODBUS®, por meio de interfaces ETHERNET, RS-485 e RS-232, em fibra ótica ou cabo coaxial;
- Possibilidade de IHM, local ou remota, configurável para visualização de mensagens e entrada de ajustes e parâmetros, mesmo com a unidade em operação;
- Cartões eletrônicos de entradas e saídas analógicas e digitais independentes da unidade de processamento, implementado utilizando lógica programável, refletindo menor espaço físico na placa de circuito impresso, menor consumo de energia, maior imunidade a ruídos e permitindo a possibilidade de reconfiguração;
- Possibilidade de expansão em número de entradas e saídas digitais e analógicas, através de cartões eletrônicos adicionais para padrão de barramento industrial PC/104. Disponibilidade de cartões eletrônicos independentes para acopladores óticos e isoladores, com possibilidade de expansão para atingir o total de entradas e saídas necessárias a aplicação. Montagem em Rack padrão industrial 19", com cartões de encaixe;
- Sistema de sincronismo entre unidades via GPS - *Global Positioning System*.

#### *1.1 - Reguladores de Tensão*

A aplicação dos controladores programáveis, em reguladores de tensão das unidades geradoras, deve contemplar as seguintes funções básicas:

- Regulação automática de tensão/potência reativa;
- Regulação manual para fins de testes e manutenção;
- Ajustes feitos via teclado, mesmo com o sistema em operação;
- Regulação PID com erro menor que 0,5%;
- Faixa de regulação ajustável via teclado;
- Compensação de reativo;
- Compensação do retardo da excitatriz rotativa ou brushless;
- Limitador de sobreexcitação;
- Limitador de subexcitação;
- Limitador Volts/Hertz;
- Excitação inicial com partida ajustável;
- Indicadores de tensão terminal e tensão de campo no painel local;
- Sinalizações locais por LED no bastidor;
- Terminais de teste com saídas analógicas 0 a 10 VCC para medição ou registro das principais grandezas do gerador, como tensão, potência reativa, potência ativa, tensão e corrente de campo;
- Saídas por contatos para interface com circuitos de comando, alarme e proteção;
- Entradas para comandos remotos por contatos externos;
- Programação amigável dos ajustes e leitura de mensagens através de IHM alfanumérico, com menu auto-orientativo.

Outras funções adicionais são desejadas:

- Regulador duplo canal automático, com canais independente (Principal e Retaguarda), com rastreamento;
- Estabilizador de Sistema de Potência (Potência Acelerante);
- Limitação da corrente estatórica;
- Limitação de mínima corrente de campo;
- Indicação de temperatura do rotor;
- Proteção contra terra no rotor;
- Função relé 40 de Perda de Excitação;
- Controle conjunto de tensão das unidades geradoras;
- Pre-sincronização;
- Outros indicadores;
- Saídas em corrente, isoladas galvanicamente, para indicadores externos;
- Sistema de ensaios e simulações baseado em microcomputador.

As principais funções são descritas:

#### **Controle do ângulo de disparo dos tiristores**

É feito através do cartão de geração de pulsos, com ajuste do ângulo mínimo e máximo, bloqueio de pulsos e operação como inversor.

#### **Regulação da tensão do gerador.**

Realizada com erro menor que 0,5%, em faixa de ajuste que poderá ir de 70% a 120% da tensão nominal, a ser definida pelo usuário via display e teclado. Faz o ajuste automático da tensão do gerador à tensão da rede, como preparação para o sincronismo. Opera corretamente com frequência de até 150% da frequência nominal.

#### **Compensadores.**

São definidos por software com ajustes de ganho transitório e em regime permanente, para otimização de desempenho em operação isolada e interligada.

#### **Limitação de sobreexcitação.**

Limita a corrente de campo ao valor máximo permitido pela capacidade térmica do sistema de excitação e do enrolamento de campo; tem uma característica de tempo inversa definida pelo usuário através da interface homem-máquina.

#### **Limitação de corrente estatórica.**

Limita a corrente estatórica ao valor máximo permitido pela capacidade térmica do enrolamento estatórico; tem uma característica de tempo inversa definida pelo usuário através da interface homem-máquina.

#### **Limitação de mínima corrente de excitação.**

Limita a corrente de campo ao valor mínimo ajustado através da interface homem-máquina.

#### **Limitação de subexcitação**

Atua impedindo a operação da máquina em cargas próximas ao limite de estabilidade; a curva para atuação do limitador é alterada dinamicamente em função da tensão terminal.

#### **Compensação de corrente reativa.**

Apresenta uma característica linear em toda faixa de operação, garantindo uma regulação efetiva no barramento de alta tensão da usina; ajustável entre -20% a +20%.

#### **Supervisão e proteção.**

Os sistemas de supervisão e proteção dos equipamentos de excitação serão funcionalmente completos, sempre que possível com dois níveis de atuação, sendo os sinais exteriorizados via comunicação digital ou através de contatos. O regulador tem proteção contra perda do sinal de potencial, supervisão de excitação inicial, supervisão de pulsos e supervisão das fontes de alimentação, que ocasionam a comutação dos canais principal/retaguarda/principal.

#### **Desexcitação rápida do campo.**

Através da inversão da tensão de excitação promovendo o forçamento negativo do campo (máximo valor do ângulo de disparo) e a conseqüente inversão no sentido do fluxo de energia.

#### **Limitação Volts/Hertz.**

Evita que se atinja determinados níveis de excitação com a máquina operando em frequência muito baixas; possui curva de atuação ajustável e limitação instantânea proporcional à queda de velocidade.

#### **Manutenibilidade**

O sistema de excitação está montado de modo a permitir fácil acesso aos seus componentes, contando com um sistema de auto-diagnóstico que garante baixos tempos nas manutenções.

#### **1.2 - Reguladores de Velocidade**

A aplicação dos controladores programáveis em reguladores de velocidade das unidades geradoras deve contemplar as seguintes funções básicas:

- Regulação automática de frequência/potência, controlador PID e controle manual de posição do distribuidor;
- Regulação manual para fins de testes e manutenção;
- Limitador de abertura;
- Parada parcial sem rejeição de carga;
- Lógica de partida com aceleração ajustável;
- Supervisão de velocidade com relés de saída ajustáveis até 200% da velocidade nominal;
- Sinalizações locais por LED no bastidor;
- Função compensador em adianto para otimização dos comandos de carga, equivalente a um controle independente de potência.
- Estatismo de potência ou de posição selecionado via teclado/display.
- Comutação automática dos ajustes para operação em vazio ou em carga interligada / isolada.
- Indicadores de rotação e posição do distribuidor.
- Rastreamento do Regulador Automático para comutação para controle manual.
- Interface Homem-Máquina local para programação de ajustes, calibração e leitura de mensagem, com menu auto orientativo.
- Chaves de comando local e previsão para comandos remotos através de contatos.
- Lei de conjugação para turbinas Kaplan.
- Terminais de teste com saídas analógicas em tensão para medição ou registro das principais grandezas, como rotação, distribuidor, válvula distribuidora, etc..

Outras funções adicionais são desejadas:

- Regulador duplo canal automático, com canais independente (Principal e Retaguarda), com rastreamento;
- Supervisão de parada total;
- Controle conjunto das unidades geradoras;
- Proteção contra sobrevelocidade independente do regulador de velocidade;
- Saídas isoladas galvanicamente em corrente para indicadores externos;
- Sistema de ensaios e simulações baseado em microcomputador;
- Pré-sincronização e sincronizador automático;
- Dispositivo mecânico de sobrevelocidade;
- Controle de nível do reservatório;
- Detetor de deslocamento (Creep Detector);
- Detetor de perda de pressão na adução (grades, conduto);

- Sistema hidráulico (atuador ou sistema hidráulico de força).

Alguns aspectos do controle merecem atenção especial:

**Regulação de Potência versus Frequência**

A estrutura de controle incorporada ao regulador prevê a regulação de potência e frequência, com ajustes independentes e otimizados para operação interligada e operação isolada. A presença de um compensador em adianto no caminho da referência de potência garante esta independência de ajustes, com atuação simultânea das duas regulações, eliminando as desnecessárias (e complicadas) comutações de regulação de potência para frequência, justamente no momento em que está ocorrendo um distúrbio no sistema elétrico.

**Estabilidade**

As características técnicas do regulador, com as funções e recursos disponíveis, garantem ótima estabilidade nas várias modalidades operativas da unidade geradora:

- Na partida, permite uma aceleração controlada, sem degraus, oscilações ou sobre-curso excessivo.
- Na operação em vazio, proporciona respostas rápidas e rápido sincronismo, compensando corretamente eventuais ciclos limites inerentes às partes mecânicas do sistema de regulação.
- Na operação isolada, garante uma regulação primária otimizada com o adequado amortecimento e restabelecimento da frequência pós distúrbios.
- Na operação interligada, proporciona à regulação secundária de potência, feita pelo operador ou por um Controle Automático de Geração - CAG, respostas rápidas, com

taxas de variação ajustáveis, e independentes dos ajustes otimizados para a regulação primária de frequência.

- Nas rejeições de carga, garante a operação dentro das margens de segurança previstas.

**1.3 - Reguladores de Tensão e Velocidade Integrados**

A aplicação dos controladores ainda permite a incorporação dos reguladores de velocidade e tensão das unidades geradoras em um único equipamento. As figuras 3, 4 e 5 mostram as configurações básicas com as interfaces entre os sinais de entrada e saída de uma Unidade Geradora e os Reguladores de Tensão e Velocidade.

Podem ser observados sinais que são comuns aos dois reguladores, e considerando a capacidade do Controlador integrar ambos os sistemas em um único equipamento, as vantagens de um sistema único de controle, com as funcionalidades de cada regulador, tornam-se evidentes. O resultado está na figura a seguir, em que um único Controlador controla a Unidade Geradora.

Tal solução, no contexto de automação de Centrais Elétricas, principalmente para PCHs, traz, a priori, uma significativa redução de custos, devida aos seguintes fatores:

- uso de uma única CPU;
- redução do número de painéis;
- redução de interfaces entre os controladores;
- redução da cablagem entre os controladores;
- possibilidade de compartilhamento de transdutores;
- possibilidade de compartilhamento de outros dispositivos (IHMs, chaves de comando, relés, etc.);
- necessidade de menor espaço físico;
- simplificação dos esquemas de alimentação dos painéis;
- menor gasto de energia.

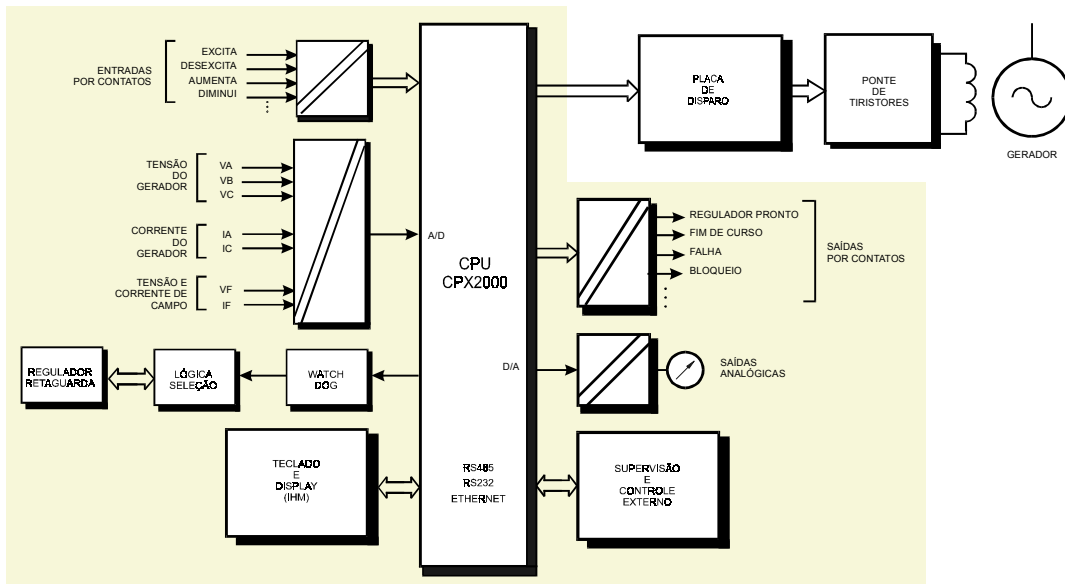


FIGURA 3 - Esquema Geral do Regulador de Tensão

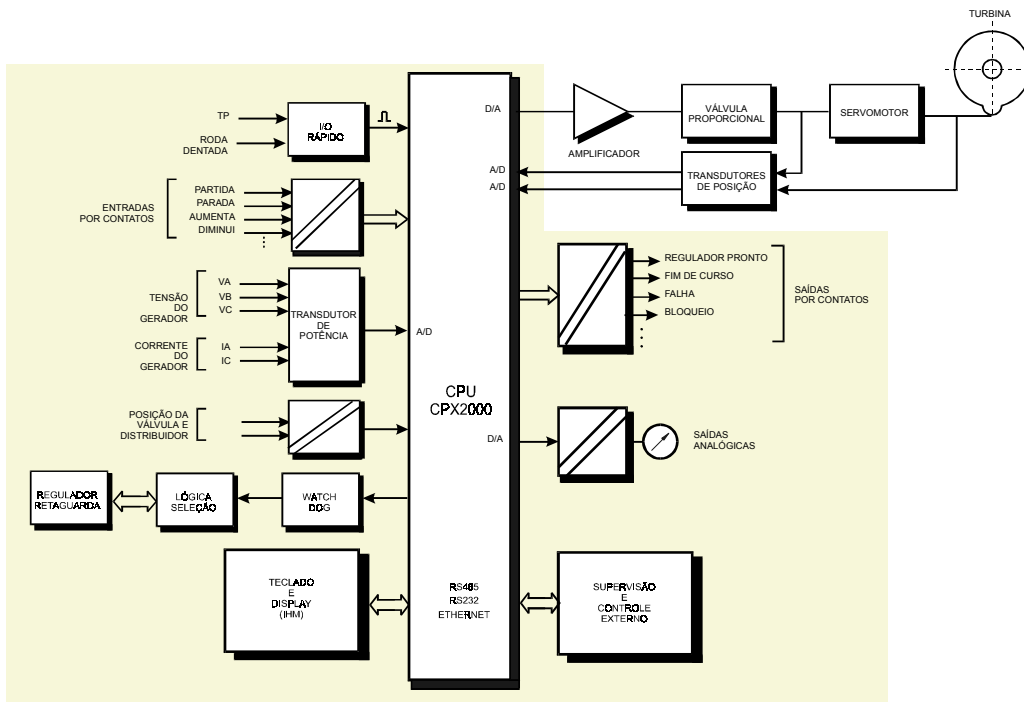


Figura 4 - Esquema geral do Regulador de Velocidade

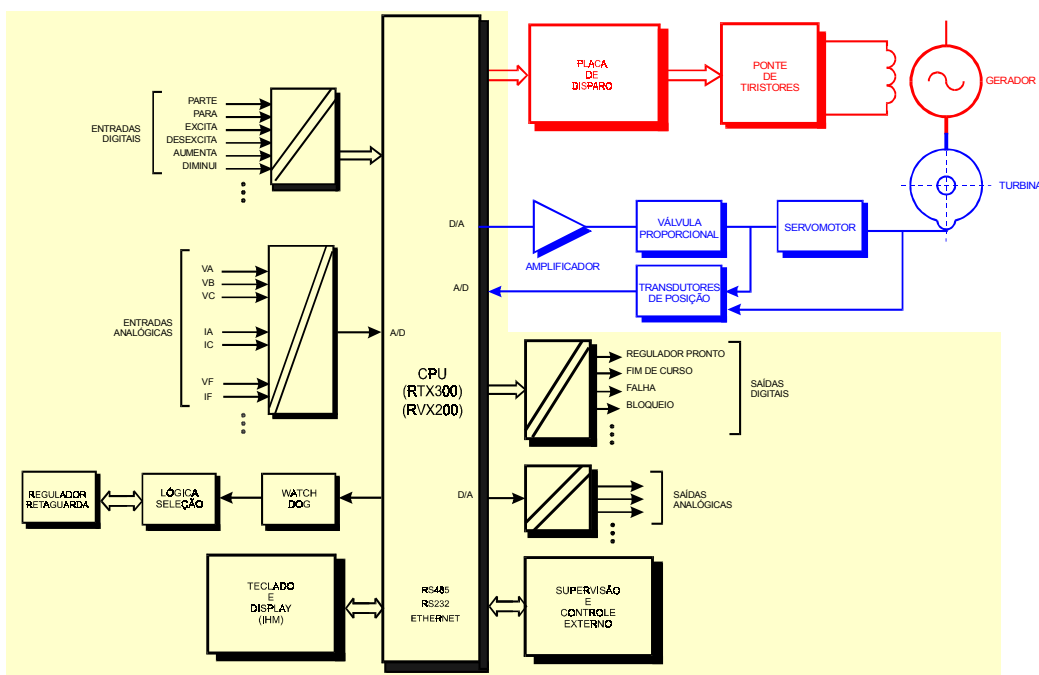


FIGURA 5 - Sistema Integrado de Controle de Máquinas

Além desta redução, outras vantagens são vislumbradas:

- facilidade de manutenção;
- redução de indisponibilidade das máquinas por problemas associados aos controles, pela redução de componentes e conseqüente aumento de confiabilidade;
- construção de leis de controle e limitação com recursos para atuar nas duas malhas, trocando informações diretamente via software;
- redução de peças de reserva.

As particularidades de cada projeto e especificações do cliente definem os custos finais.

Aqui cabem considerações sobre o que especificar em termos de grau de automação e operação desassistida. O sistema apresenta flexibilidade e recursos que podem ser explorados pelo próprio usuário.

## 2 - CLPs de Subsistemas

Estes equipamentos representam as interfaces com os subsistemas de nível mais baixo da planta, e devem possuir uma porta serial RS-485 MODBUS/Escravo para que seja possível sua conexão no sistema de nível mais alto. No caso de esses CLPs não possuírem essa porta de comunicação, deverão ser previstos postos de entrada e saídas digitais a contato seco para realizar a troca de informações.

## 3 - CLPs e RTUs de Processo

Estes equipamentos são responsáveis pela parte principal do automatismo da planta. São responsáveis principalmente pelo recebimento de comandos e solicitações da operação, processamento e direcionamento dos comandos para acionamento de saídas analógicas e digitais, varredura e processamento dos dados das entradas analógicas e digitais para supervisão, execução de lógicas de operação e registro de eventos.

Devem possuir uma porta serial RS-485 MODBUS Mestre para interface com subsistemas de nível mais baixo e Escravo para conexão no nível mais alto.

## 4 - IHM de Operação Local

A IHM de operação local é composta por microcomputador corporativo com sistema operacional gráfico padrão Windows e software supervisorio. Possui interconexão em rede Ethernet fibra ótica 10/100 Mbps ou MODBUS Mestre para interface com os equipamentos instalados na planta, e interface de comunicação dedicada para supervisão de centro de operação remoto.

A aplicação supervisória contempla interfaces gráficas representando o diagrama unifilar da UHE, os subsistemas de cada unidade geradora e funcionalidades para seqüências de eventos e alarmes. A Figura 6 apresenta alguns exemplos de telas. Todos os dados de operação são armazenados no concentrador de dados através de operações de interação com um sistema de gerenciamento de banco de dados. Os dados de operação são compartilhados via interface de comunicação com o Posto de Operação Remoto através do software de supervisão que utiliza a própria rede disponível.

## 5 - Concentrador de Dados e Servidor de Comunicação

O concentrador de dados é composto por microcomputador corporativo, sistema operacional gráfico padrão Windows e software de gerenciamento de base de dados (SGBD). Possui interconexão em rede Ethernet fibra ótica 10/100 Mbps para interface com as IHMs de operação local e interfaces para comunicação com sistemas remotos.

A aplicação concentra-se basicamente em um servidor de banco de dados e software adicional conforme necessidades de aplicação para interação com sistemas remotos.

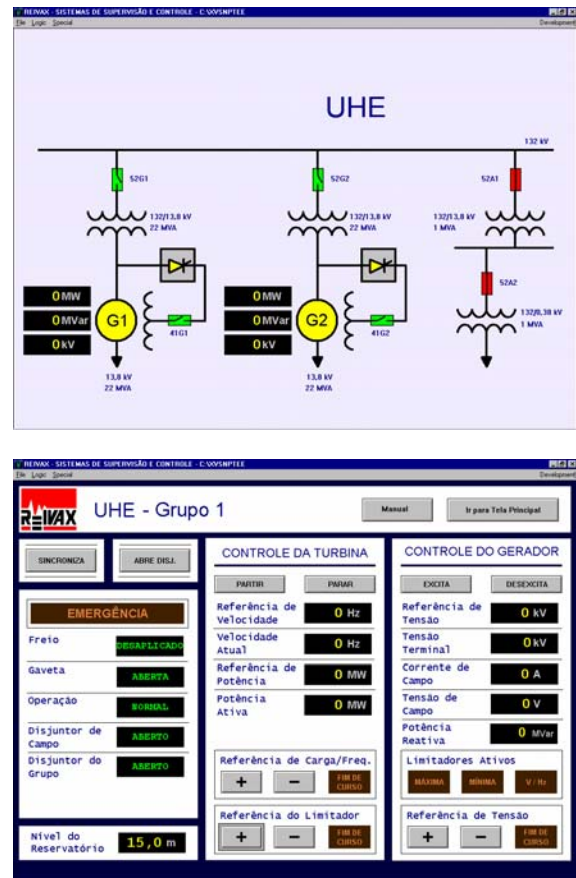


FIGURA 6 - Exemplos de telas de supervisão

## 6 - IHM Portátil de Manutenção

A IHM portátil de manutenção é composta por microcomputador tipo notebook, com sistema operacional gráfico padrão Windows. Possui interfaces de rede Ethernet fibra ótica 10/100 Mbps e serial RS232 para interconexão com os equipamentos instalados na planta.

Os seguintes componentes de software devem compor a IHM de manutenção portátil:

- Software de programação e comando dos sistemas de controle e CLPs de subsistemas e de processo instalados na planta;
- Software de desenvolvimento de aplicações supervisorias para IHMs de operação;
- Software de análise de sinais e gerenciamento de registros de perturbações, conforme a Figura 7.



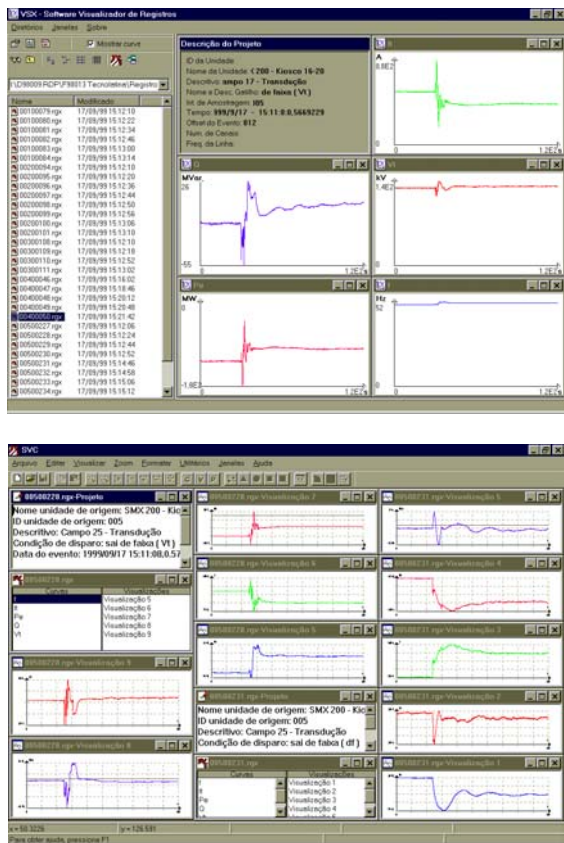


FIGURA 7 - Exemplos para telas de análise

### 7 - IHM de Operação Remota

A IHM de operação remota é composta por microcomputador corporativo com sistema operacional gráfico padrão e software supervisor. Possui interface de comunicação dedicada para interconexão com sistema de supervisão local. A aplicação supervisor é idêntica a estabelecida na IHM de operação local.

### 8 - IHM de Manutenção Remota

A IHM de manutenção portátil composta por microcomputador corporativo com sistema operacional gráfico padrão Windows. Possui interface de rede Ethernet fibra ótica 10/100 Mbps para interconexão com redes corporativas, e interface de comunicação para interconexão com servidores de banco de dados e comunicação em postos locais de manutenção.

## V - CONCLUSÕES

O presente artigo apresentou, em rápidas pinceladas, a filosofia adotada pela parceria REIVAX/ALTUS, para o controle, monitoração, automação e supervisão de usinas hidrelétricas. Ênfase foi dada ao Controle Integrado de Tensão e Velocidade, uma alternativa que provê acentuada redução de custos no projeto dos controladores de uma central hidroelétrica.

Exemplos de tais equipamentos são as usinas de Herval e Bugres da CEEE.

Na aplicação na usina de Herval, a automação é completa, efetuada pela ALTUS e REIVAX. O mesmo se aplica à Central Escaba, em Tucumán, na Argentina.

A filosofia adotada contempla facilidades palpáveis tanto para operação quanto para manutenção.

Recursos especiais, como o suporte à manutenção preditiva, podem ser incorporados nos controladores, preferencialmente baseados em modelos de referência, devido aos recursos de programabilidade em nível de usuário. Software de análise pode prever funcionalidades específicas para tanto.

O compartilhamento dos bancos de dados de supervisão e monitoração, permite não apenas o manuseio das informações típicas de supervisão como também a análise de eventos dinâmicos, associados aos controles e às máquinas de forma sincronizada. O uso dos registros gerados, aliado a uma ferramenta de análise, contempla facilidades até agora indisponíveis à manutenção das centrais.

Resumindo as vantagens gerais da estrutura e dos recursos apresentados, podemos citar:

**indisponibilidade mais baixa:** ao adequar dispositivos, detectar comportamentos inadequados com maior presteza, monitorar de forma mais ampla e completa a máquina, recompor a operação mais rapidamente, melhora-se significativamente a indisponibilidade;

**risco mais baixo:** evita-se a operação da máquina em zonas causadoras de estresse dos materiais, minimiza-se pesadamente a possibilidade de erros associados ao pessoal de operação, geradores, como sabemos, dos maiores danos causados às centrais;

**extensão da vida útil:** evitando-se a operação da máquina em zonas causadoras de estresse dos materiais também se aumenta a vida útil dos equipamentos;

**melhoria do rendimento:** pelo maior controle sobre as grandezas associadas à geração, aumenta-se a eficiência das unidades, dos auxiliares e da usina como um todo;

**custo operacional mais baixo:** esta vantagem evidencia-se na diminuição do número de operadores necessários ao cumprimento dos serviços rotineiros da central. Por outro lado todas as tarefas de apoio associadas à operação são também diminuídas em decorrência da diminuição de pessoal;

**custo mais baixo da manutenção:** pois os equipamentos são melhor utilizados e condicionados a operar dentro de suas reais capacidades;

**conectividade:** pela facilidade de integrar outros dispositivos, não previstos inicialmente, em determinada circunstância no futuro;

**observabilidade do negócio:** qual o gerente que se satisfaz sem possuir informações rápidas, precisas e objetivas de

seu negócio? A automação viabiliza tais informações provendo a gerência com dados confiáveis que lhe permitem gerir de maneira mais adequada o seu processo;

**controlabilidade do negócio:** sendo o processo mais “observável”, ou seja, disponibilizador de informações de maneira mais ágil, e sendo mais passível de atuação - pois lhe foram agregados dispositivos que permitem a atuação mais direta sobre subsistemas - permite-se um maior controle sobre as variáveis que repercutirão nos indicadores de desempenho;

**estabilidade do processo:** o processo torna-se mais fácil de gerir, mais previsível e repetitivo, estabilizando e minimizando procedimentos operativos;

**usabilidade da central:** estando a central automatizada ganha-se em agilidade pois o “manuseio” do equipamento em condições de recomposição, por exemplo, é extremamente facilitado.

## REFERÊNCIAS

- [ 1 ] FERREIRA et ali, "Sistema de Monitoração de Oscilações: Aplicação no Sistema Argentino", FL/GPC/18, XIV SNPTEE, Belém, 1997.
- [2] ZENI Jr., N. et ali, “Modernização do Controle dos Grupos Geradores para Ensaio de Transformadores e Reatores na Fábrica”, I Seminário Nacional de Controle e Automação, Salvador, BA, Novembro de 1999.
- [3] MUSSATTO, R. et ali, “Sistema de Monitoração de Distúrbios e de oscilações em Sistemas Elétricos de Potência”, I Seminário Nacional de Controle e Automação, Salvador, BA, Novembro de 1999.
- [4] NEVES, F.C. et ali, “Aplicações em Usinas Hidrelétricas de Controlador com Estrutura Programável pelo Usuário”, II Simpósio Brasileiro de Pequenas e Médias Centrais Hidroelétricas, Canela, RS, Abril de 2000.
- [5] PAIVA, P.M.P., “Sistema Integrado de Controle de Unidades Geradoras”, ENTEC, Belo Horizonte, Abril de 2000.