

HIGH PERFORMANCE VISUAL – UM NOVO MÉTODO DE SUPERVISÃO DE USINAS

ALVES, Anderson Martins¹
FAESARELLA, Annete Silva²
anderson_alves89@hotmail.com

¹Aluno do Curso de Engenharia Elétrica, Universidade São Francisco; Campus Itatiba

²Professora Orientadora de Engenharia Elétrica, Curso de Engenharia Elétrica,
Universidade São Francisco; Campus Itatiba.

Resumo. A supervisão de usinas é de extrema importância para o sistema elétrico, porém ainda existem muitos sistemas de supervisão em uso que não demonstram ser muito eficientes para uma operação remota. Os supervisórios desenvolvidos e em operação local nas usinas trazem consigo diversas telas e imagens, muitas vezes tridimensionais, que podem confundir e tirar a atenção dos usuários. As empresas de energia que possuem suas usinas, continuamente sofrem com dificuldade no treinamento desses operadores e fadiga contínua devido ao cansaço visual que essas aplicações oferecem. O objetivo desse artigo é fazer uma comparação entre um novo método de supervisão de usinas hidrelétricas e o sistema clássico, utilizando o *software* Elipse para, justamente, efetuar essa supervisão onde são, também, apresentadas as vantagens de se remodelar o sistema de supervisão das usinas. No decorrer do artigo será apresentado o conceito de *High Performance Visual* que revolucionará os métodos de supervisão de usinas existentes trazendo praticidade, conforto aos usuários e aumentando a eficiência da operação remota.

Palavras-chave: *High performance visual*, Monitoramento remoto de PCH, Supervisório Elipse.

Introdução

A operação local de usinas pode ser relativamente cara dependendo da localização e acesso às plantas. Uma forma de diminuir custos nestes sistemas é a utilização de operação remota. A estação de operação remota para usinas é chamada de COG – Centro de Operação de Geração e tem o objetivo de garantir a máxima geração de energia por meio do menor custo. [1]

Como grande parte da energia elétrica gerada no Brasil vem através de usinas hidrelétricas, sejam elas de pequeno, médio ou grande porte, é exigido que a operação remota dessas usinas seja confiável, segura e de fácil identificação de problemas. [2]

A supervisão de usinas realizada com sistemas clássicos traz a possibilidade de operar local ou remotamente as hidrelétricas, porém existe um grande esforço para aprendizado na operação desses sistemas devido à grande utilização de imagens em tridimensionais e enorme quantidade de informação que é apresentada nas telas. Este tipo de aplicação para supervisão de usinas dificulta na identificação de problemas e o operador, obrigatoriamente, precisa conhecer cada detalhe da planta de forma a facilitar a operação.

TRABALHO DE GRADUAÇÃO - ENGENHARIAS

Atualmente ainda existem diversas plantas com o modelo de supervisão clássico, porém algumas empresas já iniciaram a operação em sistemas de supervisão no modelo *High Performance Visual* trazendo praticidade, maior confiabilidade e segurança em seus sistemas.

Neste artigo é apresentado um modelo de supervisão em *High Performance Visual* para operação remota de uma PCH – Pequena Central Hidrelétrica e sua comparação com um sistema clássico, sendo abordados os principais subsistemas de uma usina hidrelétrica e a importância destes na supervisão remota da PCH.

No referencial teórico, apresentam-se diversos conceitos importantes, relacionados aos tópicos de interesse do trabalho. Com todos esses tópicos aqui abordados, pode-se fundamentar a metodologia do trabalho, bem como apresentar os resultados obtidos com a pesquisa desenvolvida e aqui relatada.

Referencial Teórico

Uma hidrelétrica típica é um sistema com três partes: uma usina onde a eletricidade é produzida, uma barragem que pode ser aberta ou fechada para controlar o fluxo de água e um reservatório onde a água é armazenada. A água atrás da barragem flui por uma entrada e empurra as lâminas de uma turbina, fazendo-as girar. A turbina é acoplada a um gerador para produzir eletricidade. A quantidade de eletricidade que pode ser gerada depende de quão longe a água cai e de quanta água se move pelo sistema. A eletricidade pode ser transportada por linhas elétricas de longa distância para residências, fábricas e empresas. Outros tipos de usinas hidrelétricas aproveitam a vazão por meio de um curso d'água sem barragem. Para o funcionamento de uma pequena central hidrelétrica, diversos sistemas e subsistemas são necessários e o método clássico de supervisão de usinas tende a mostrar cada um deles detalhadamente mesmo que não seja necessário para operação, enquanto a aplicação em *High Performance Visual* traz o conceito de mostrar apenas o que é necessário e importante para operação da usina. [3].

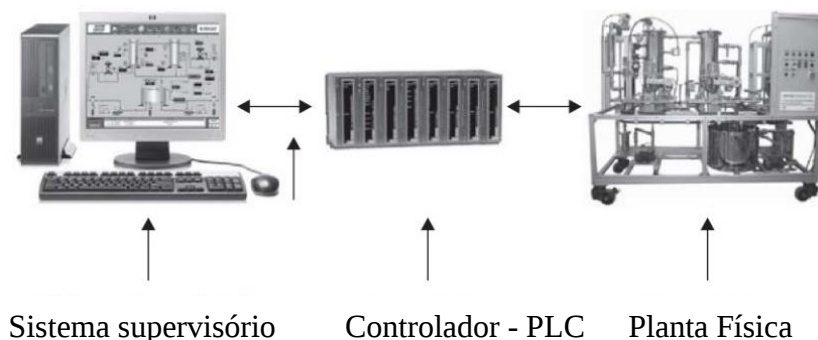
Sistemas de supervisão

Sistemas de supervisão são denominados Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados ou SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), mas também podem ser chamados de *softwares* supervisórios. Estes utilizam de ferramentas de *software* para supervisão, controle e aquisição de dados de campo através de dispositivos como Controlador Lógico Programável – CLP (*Programmable Logic Controller – PLC*) conectados via protocolos de comunicação [4].

Os *softwares* supervisórios permitem que o operador visualize e atue em uma planta que esteja sendo supervisionada. Através de uma interface gráfica amigável o operador pode identificar um determinado problema onde necessitará de atenção para que a planta continue operando [4].

O cenário típico de uma planta automatizada segue, resumidamente, na Figura 1 com um sistema de supervisão clássico:

Figura 1 - Cenário de uma planta automatizada



Fonte: (SANTOS, 2014).

Elipse E3

O Elipse E3 é uma plataforma SCADA desenvolvida para aplicações avançadas e distribuídas, ideal para sistemas críticos e centros de controle. Utilizado no Brasil e no exterior, essa ferramenta SCADA oferece escalabilidade e constante evolução para diversos tipos de aplicações, desde simples interfaces IHM até complexos centros de operação em tempo real [5].

Possui alta performance de conectividade e comunicação com mais de 400 equipamentos, recursos avançados para programação e gerenciamento em tempo real da planta monitorada. As principais características do sistema são exemplificadas na Tabela 1 [5]:

Tabela 1 - Características do Elipse E3

Multiusuários e multiprojetos	Permite editar e executar diversos projetos simultaneamente
Redundância	Redundância nativa com sincronismo de dados históricos e alarmes
Bibliotecas	Bibliotecas de objetos gráficos e estruturas de dados reutilizáveis
Telas	Editor de telas de fácil manuseio
Conectividade	Conexão nativa transparente entre servidores remotos
Segurança	Segurança e compactação na transmissão de dados
Gerenciamento de aplicação	Fácil gerenciamento da aplicação desenvolvida
Flexibilidade	Flexibilidade na gestão de alarmes e eventos
<i>Scripts</i>	Poderosa ferramenta de <i>scripts</i>
Banco de dados	Acesso nativo a bancos de dados comerciais
Logs e consultas	Ferramentas de logs, consultas e relatórios integrada

Protocolo OPC	OPC Clássico e OPC UA nativos
---------------	-------------------------------

Fonte: Elipse ®.

Dentre os componentes do Elipse E3, os principais para o desenvolvimento de uma aplicação SCADA estão descritos na Tabela 2 [5]:

Tabela 2 - Componentes do Elipse

E3 Studio	Utilizado para configuração do sistema, sendo uma plataforma universal para todo o desenvolvimento. Com seu ambiente amigável, configura-se todos os pontos de comunicação com equipamentos de campo (relés, CLPs etc.), bem como editores de scripts e gráficos para criação das telas de interface com usuário. Todos os scripts desenvolvidos no Elipse E3 são na linguagem de programação VBScript.
E3 Server	É o servidor de aplicações onde são gerenciados todos os processos relacionados ao Elipse, seja para desenvolvimento da aplicação ou execução, sendo utilizado também para a função de redundância e sincronismo de base de dados.
E3 Viewer	Interface utilizada para operação do usuário. Neste componente são apresentadas todas as telas por onde o usuário pode operar a planta e verificar o estado de cada equipamento quando necessário.

Fonte: Elipse ®.

Um dos recursos mais utilizados no Elipse é o uso de bibliotecas, são os objetos ElipseX que podem ser do tipo gráfico para utilização em telas e consoles de operação, além de estruturas de dados que são executadas nos servidores. As bibliotecas criadas no Elipse podem conter propriedades, métodos, scripts, cálculos e até componentes de terceiros, drivers de comunicação etc. Assim uma aplicação toda pode ser desenvolvida em forma de componentes podendo ser replicada para diversas plantas facilitando o desenvolvimento de plantas similares [5].

High Performance Visual

Para escrever sobre o *High Performance Visual* é importante fazer uma comparação com o painel de controle de uma aeronave. O piloto precisa ter apenas as informações extremamente importantes e pertinentes para manter o avião no ar e, caso algum problema ocorra, deve ser rápido e simples de identificar e sinalizar ao piloto tal anomalia [6].

O maior desafio não é criar um sistema de supervisão novo para atender ao operador, mas sim retirar o sistema antigo e convencê-lo de que o novo é melhor e facilitará a operação do sistema e identificação de possíveis anomalias que necessitem de atenção e ações rápidas [6].

No passado com os sistemas clássicos era comum os operadores exigirem cada vez mais telas e monitores para poderem acompanhar todo o sistema, devido às hierarquias de telas mal definidas, embora estudos comprovem que eles não podiam utilizar mais de seis telas durante uma operação normal e quatro durante perturbação no sistema. As telas

TRABALHO DE GRADUAÇÃO - ENGENHARIAS

excedentes eram subutilizadas e, constantemente, traziam informações redundantes ou então eram definidas telas, de baixa relevância para operação normal, para estarem em exibição aos usuários [6].

Princípios Básicos IHM High Performance Visual

Ao longo dos anos foi possível aprender com os sistemas de supervisão clássicos diversas estratégias e ferramentas para se utilizar e o que não deve ser utilizado para que haja um supervisor de alta performance. Estes conhecimentos foram agrupados em três princípios básicos para o desenvolvimento de uma IHM de *High Performance Visual* que são resumidos na Tabela 3 [6]:

Tabela 3 - Princípios básicos de uma IHM em High Performance Visual

Clareza	▪ Gráficos de fácil leitura e intuitivamente compreendidos; ▪ Gráficos com informações relevantes, não apenas dados; ▪ Demonstração do estado do processo/equipamentos de forma clara; ▪ Elementos e objetos utilizados para representar/manipular um processo são facilmente distinguíveis; ▪ Sem informação desnecessária e desordem nas representações de tela; ▪ Informações destacadas de acordo com seu nível de relevância para o sistema; ▪ Alarmes e indicações de situações anormais são claras, proeminentes e consistentemente distinguíveis.
Consistência	▪ As funções gráficas são padronizadas, intuitivas, diretas e envolvem poucas interações com teclado ou mouse para serem manipuladas; ▪ O supervisor é configurado para navegação lógica, hierárquica e de maneira orientada para o melhor desempenho.
Feedback	▪ Elementos gráficos e objetos de controle devem se comportar e funcionar consistentemente em todos os gráficos e todas as situações; ▪ Ações importantes com consequências significativas terão mecanismos de confirmação para evitar ativação indevida de algum equipamento ou sistema; ▪ Princípios de design serão utilizados para minimizar a fadiga do usuário, uma vez que os operadores usam constantemente os gráficos e o sistema de supervisão.

Fonte: (HOLLIFIELD, 2008).

O objetivo de uma IHM de alta performance visual é disponibilizar ao usuário as informações que ele precisa para operar o sistema de forma clara e intuitiva, minimizando ao máximo a possibilidade de erros e, seguindo os três princípios acima, este objetivo será atingido [6].

As telas de uma aplicação desenvolvida em *High Performance Visual* são projetadas em uma hierarquia para divulgação de maiores detalhes e de forma a lidar facilmente com tarefas específicas. É normal lidar com IHMs desenvolvidas sem nenhuma hierarquia, o que produz telas desordenadas e pouco adequadas a operações normais ou anormais [6].

Os sistemas SCADA clássicos normalmente utilizam de cores extravagantes em suas aplicações trazendo uma experiência de cansaço à visão do usuário devido as tonalidades das cores e necessidade de estar atento a todo momento. Os sistemas desenvolvidos em alta performance visual trazem cores sutis com baixa luminosidade permitindo o conforto do operador e tornando a operação mais eficiente [6].

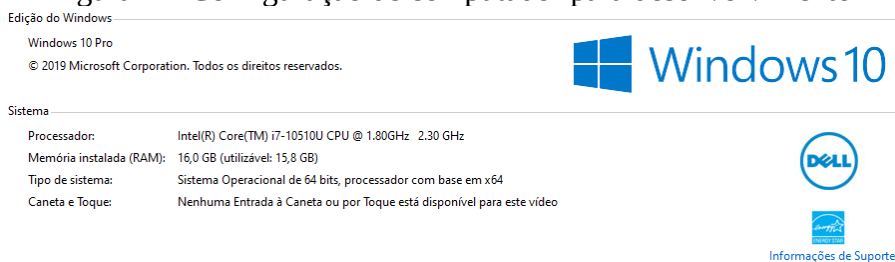
Metodologia

Para o comparativo entre os sistemas é utilizado o sistema supervisor de uma PCH real com duas unidades geradoras localizada próximo à cidade de Domingos Martins no estado do Espírito Santo, porém todos os nomes de empresas, bem como o nome da usina serão omitidos por solicitação dos proprietários.

De maneira a demonstrar a eficiência de um sistema em *High performance Visual* são apresentadas as telas e aplicações de um sistema clássico para a PCH em questão e o equivalente em um SCADA de alta performance visual utilizando as bibliotecas desenvolvidas no Eclipse E3 em parceria com a empresa Automalógica trazendo sempre os conceitos apresentados na revisão bibliográfica disposta no item anterior.

Para o desenvolvimento do sistema de supervisão no modelo de *High performance Visual* para realizar a comparação com o sistema clássico é utilizado um computador com SSD de 240GB e HDD de 1TB com configurações de sistema operacional, memória RAM e processador conforme disposta na Figura 2.

Figura 2 – Configuração de computador para desenvolvimento



Fonte: Própria.

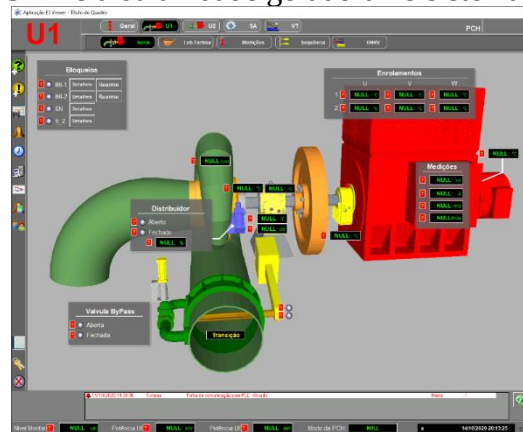
Sistema supervisor clássico

Na usina em questão, que foi objeto de estudo, tem-se o sistema de supervisão clássico conforme será descrito no decorrer do presente item.

Pode-se observar na Figura 3 a tela referente à uma das unidades geradoras da PCH e é possível observar que não é aproveitado o conceito de alta performance visual uma vez que são usadas diversas cores que podem retirar a atenção do operador e fazer com que algum alarme, falha ou evento que necessite de ação imediata, passe despercebido.

TRABALHO DE GRADUAÇÃO - ENGENHARIAS

Figura 3 – Tela da unidade geradora no sistema clássico



Fonte: Capturado de Elipse ®.

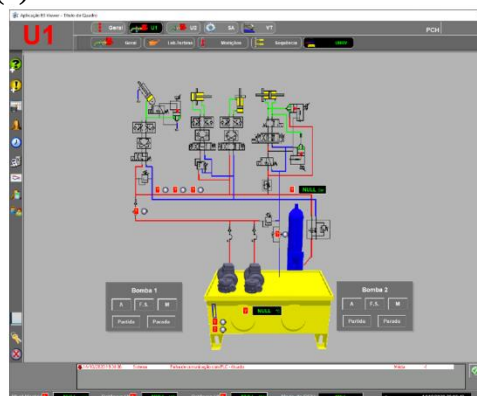
A figura Figura 4 refere-se ao sistema de lubrificação das turbinas, bombas de lubrificação das unidades geradoras e ao sistema hidráulico de regulação. Observa-se que foi desenhado o diagrama hidráulico de cada sistema com detalhes que são pertinentes apenas à equipe de manutenção. Aqui fica claro, além das cores vívidas, que o excesso de detalhes nessas telas pode fazer com que o operador se confunda ao precisar identificar o que realmente é importante nesses sistemas.

Figura 4 – Sistema hidráulico de lubrificação e regulação no sistema clássico



(a)

(b)



(c)

Fonte: Capturado de Elipse ®.

TRABALHO DE GRADUAÇÃO - ENGENHARIAS

A Figura 4 apresenta três telas referentes aos sistemas de lubrificação e regulação de uma unidade geradora de usina hidrelétrica e cada sistema é separado em itens que estão legendados na Tabela 4.

Tabela 4 - Legenda da figura 4

Item	Legenda
a	Sistema de lubrificação das turbinas.
b	Bombas de lubrificação das unidades geradoras.
c	Unidade hidráulica de regulação de velocidade.

Fonte: Própria.

Em sistemas de supervisão de usinas clássicos, também é comum ter-se uma tela específica apenas para mostrar as temperaturas como mostrado na Figura 5, porém esse tipo de tela é dispensável e as temperaturas podem ser exibidas de outra forma como será ilustrado mais a frente na aplicação desenvolvida em *High Performance Visual*.

Figura 5 – Tela de medições da unidade geradora no sistema clássico

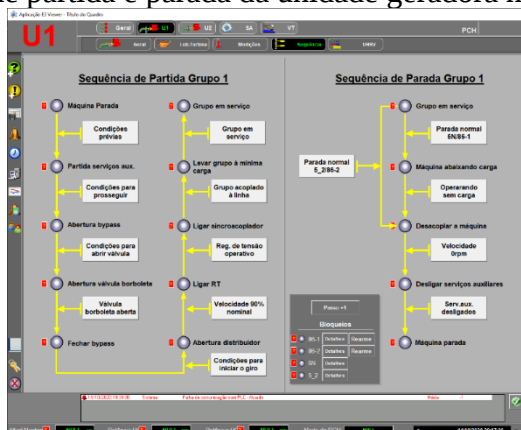


Fonte: Capturado de Elipse®.

Seguindo com as telas da PCH, tem-se a tela referente à partida e parada da unidade geradora (UG) na Figura 6 e nela é possível verificar as etapas desde a máquina parada até o sincronismo da UG bem como o sentido contrário, mas nota-se a dificuldade em identificar o que é necessário para ir até cada estado estável. Para verificar as condições para execução de cada passo é necessário clicar sobre o botão entre os passos e analisar os sinais que impedem a partida ou parada da UG.

TRABALHO DE GRADUAÇÃO - ENGENHARIAS

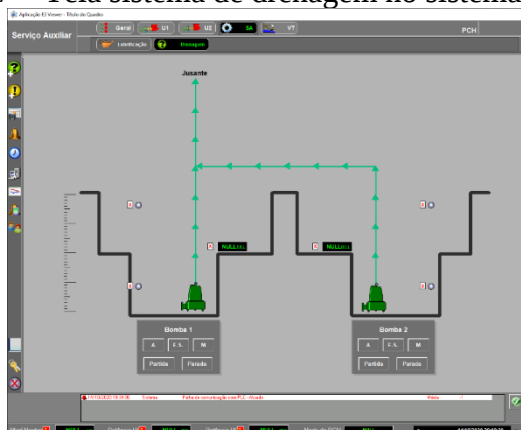
Figura 6 – Tela de partida e parada da unidade geradora no sistema clássico



Fonte: Capturado de Elipse ®.

Com a finalização das telas das unidades geradoras, ainda existem algumas telas referentes aos outros subsistemas da pequena central hidrelétrica. Essas telas, no sistema de supervisão clássico, são mostradas nas figuras a seguir, iniciando pelo sistema de drenagem da usina que tem uma tela específica desenvolvida para ilustrá-lo como visto na Figura 7.

Figura 7 – Tela sistema de drenagem no sistema clássico

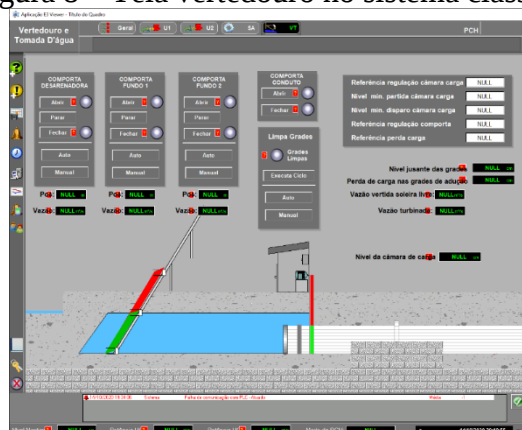


Fonte: Capturado de Elipse ®.

Seguindo com o sistema clássico de supervisão da usina, observa-se a tela de detalhes do vertedouro na Figura 8. Nela são mostrados os estados das comportas e, como exemplo de informações desnecessárias à operação, existe uma representação da barragem da usina e localização das comportas de fundo e do conduto forçado com imagens que sinalizam inclusive o concreto da barragem e este tipo de indicação não é interessante para operação da usina.

TRABALHO DE GRADUAÇÃO - ENGENHARIAS

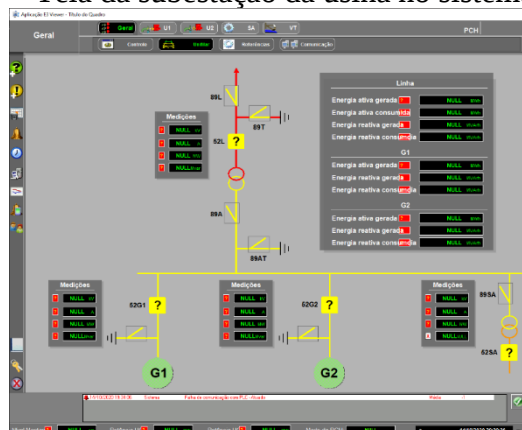
Figura 8 – Tela vertedouro no sistema clássico



Fonte: Capturado de Elipse®.

A tela da subestação apresentada na Figura 9 possui outro exemplo de informações desnecessárias para operação da usina sendo apresentadas ao operador. Nesta representação do sistema clássico são exibidas informações de energia na saída da linha da usina e durante o turno do operador, essas informações não precisam ser apresentadas o tempo todo a ele. Dados de potência ativa, reativa, tensão, corrente e fator de potência são importantes e precisam ser acompanhados constantemente, mas não é o caso da energia, logo, não há necessidade de ser apresentada o tempo todo em tela.

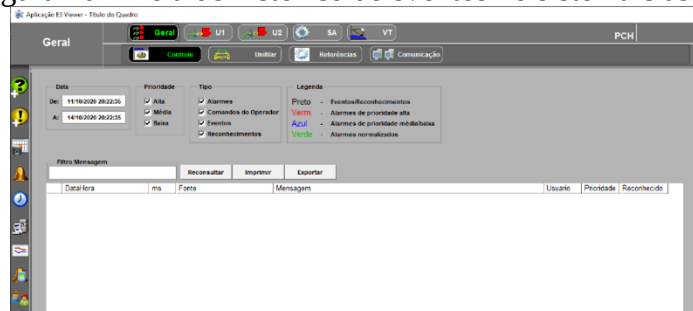
Figura 9 – Tela da subestação da usina no sistema clássico



Fonte: Capturado de Elipse®.

Encerrando o sistema clássico, tem-se a tela de histórico de eventos na Figura 10 onde todos os eventos da usina, registrados em banco de dados, são exibidos para análise do operador.

Figura 10 – Tela de histórico de eventos no sistema clássico



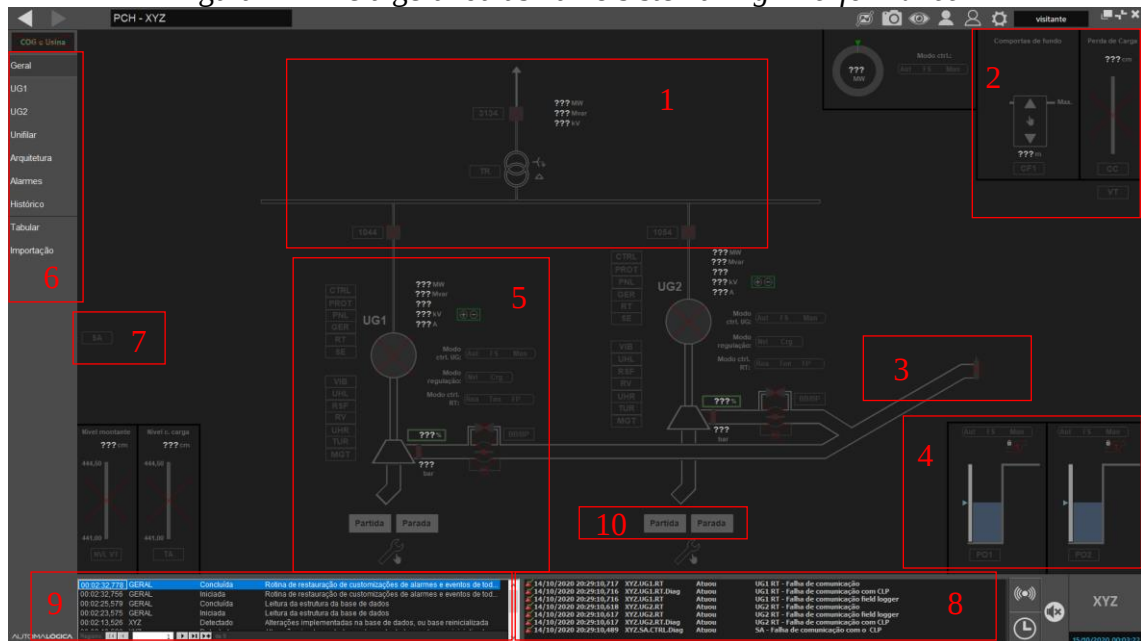
Fonte: Capturado de Elipse ®.

Sistema supervisorio em High Performance Visual

No presente item será discorrida a aplicação do sistema supervisorio no modelo de *High Performance Visual* trazendo as telas e funcionalidades dispostas neste SCADA de forma a proporcionar ao usuário a melhor experiência possível e tornando rápida e fácil a identificação de anomalias na usina. Toda a aplicação é desenvolvida com cores mais escuras proporcionando, assim, um descanso e conforto à visão dos usuários. Quando houver uma anomalia na aplicação, em algum subsistema da usina, esta será mostrada na tela com cores gritantes que se destacarão em meio aos tons escuros do SCADA fazendo com que a atenção do operador seja voltada àquele subsistema.

De início tem-se na Figura 11 a tela geral da pequena central hidrelétrica por onde o operador é capaz de visualizar toda a usina fazendo necessário o acesso às outras telas apenas para análise de detalhes de algum subsistema em que possa estar ocorrendo algum problema. É imprescindível que todos os sistemas estejam representados na tela geral, seja graficamente ou através de caixas de alarmes como a descrita no item 7 da Tabela 5.

Figura 11 – Tela geral da usina no sistema *High Performance*



Fonte: Capturado de Elipse ®.

De forma a mostrar que é possível operar a usina toda a partir da tela geral, uma legenda dos sistemas existentes é mostrada na Tabela 5.

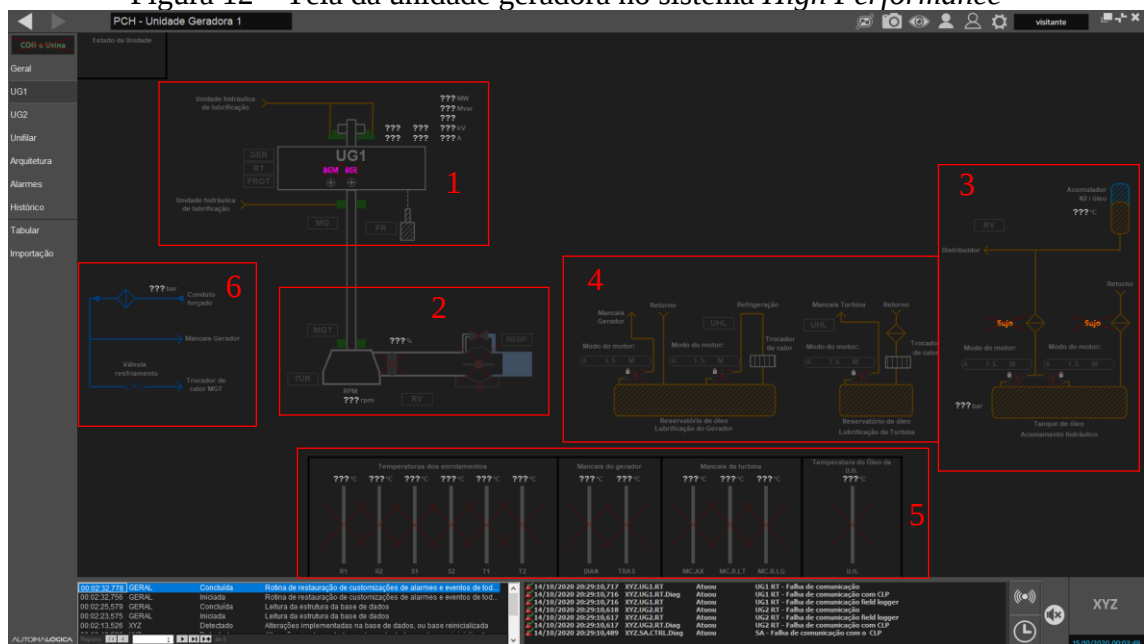
Tabela 5 - Legenda dos sistemas da tela geral

Item	Legenda
1	Resumo da subestação
2	Vertedouro e comporta de fundo
3	Comporta do conduto e conduto forçado
4	Sistema do poço de drenagem da casa de força
5	Unidade geradora
6	Menu de navegação entre telas
7	Caixa de alarme do serviço auxiliar para visualização dos pontos via <i>pop-up</i>
8	Últimos alarmes atuados da usina
9	Últimos eventos atuados da usina
10	Botões para chamar tela de partida e parada da unidade geradora

Fonte: Própria.

Não há necessidade de uma tela específica de vertedouro ou sistema do poço de drenagem, pois esses detalhes não são necessários para a operação da usina. Os dados existentes desses sistemas são importantes e o usuário precisa saber se alguma anomalia ocorreu, porém não é necessário conhecer a concretagem da barragem e o circuito hidráulico da drenagem. No caso da tela da unidade geradora, essa sim é importante para operação e é ilustrada na Figura 12.

Figura 12 – Tela da unidade geradora no sistema *High Performance*



Fonte: Capturado de Elipse ®.

Todos os subsistemas referentes à unidade geradora ficam em sua tela específica, bem como as medições de temperaturas, elétricas e todos os sinais pertinentes à UG. Na Tabela 6 conta-se com uma rápida legenda de cada subsistema de acordo com suas divisões na Figura 12.

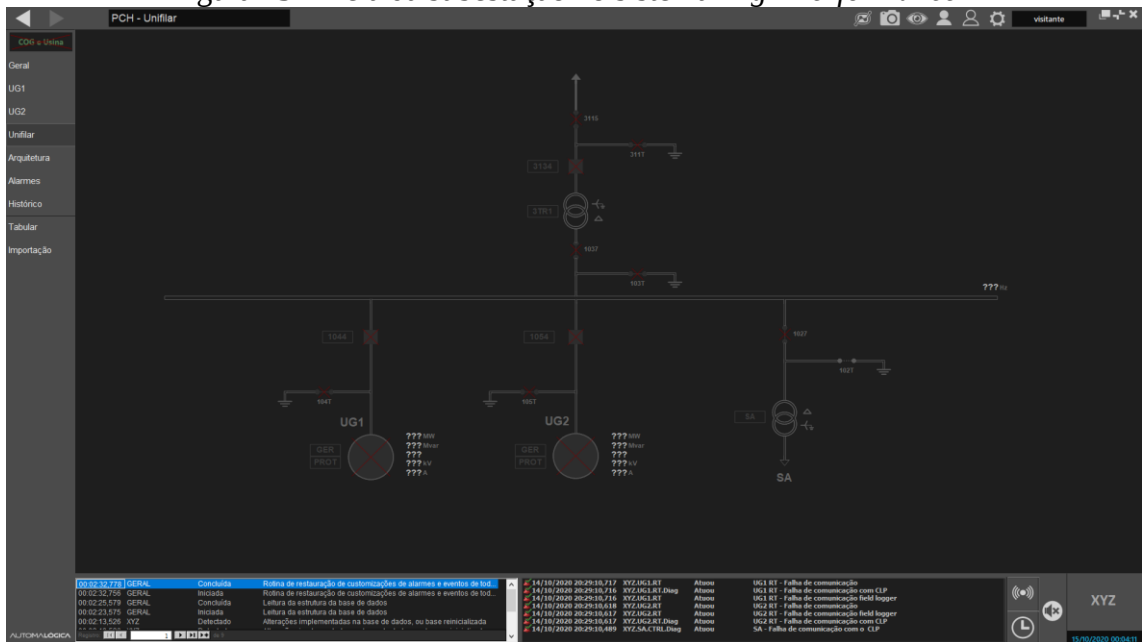
Tabela 6 - Legenda dos sistemas da tela unidade geradora

Item	Legenda
1	Gerador
2	Turbina
3	UHR - Unidade hidráulica de regulação
4	UHL - Unidade hidráulica de lubrificação
5	Temperaturas
6	Sistema de resfriamento

Fonte: Própria.

Importante notar que os sistemas hidráulicos não são desenhados no nível de detalhes de um diagrama hidráulico, mas é representado apenas o que realmente é importante à operação da usina. Seguindo com a mesma ideia, observa-se a tela da subestação na Figura 13 e nesta tela específica, são representados todos os equipamentos referentes à este sistema mas vale ressaltar que os equipamentos elétricos de serviço auxiliar não são supervisionados, logo, nenhum deles é representado nas telas da aplicação.

Figura 13 – Tela da subestação no sistema *High Performance*



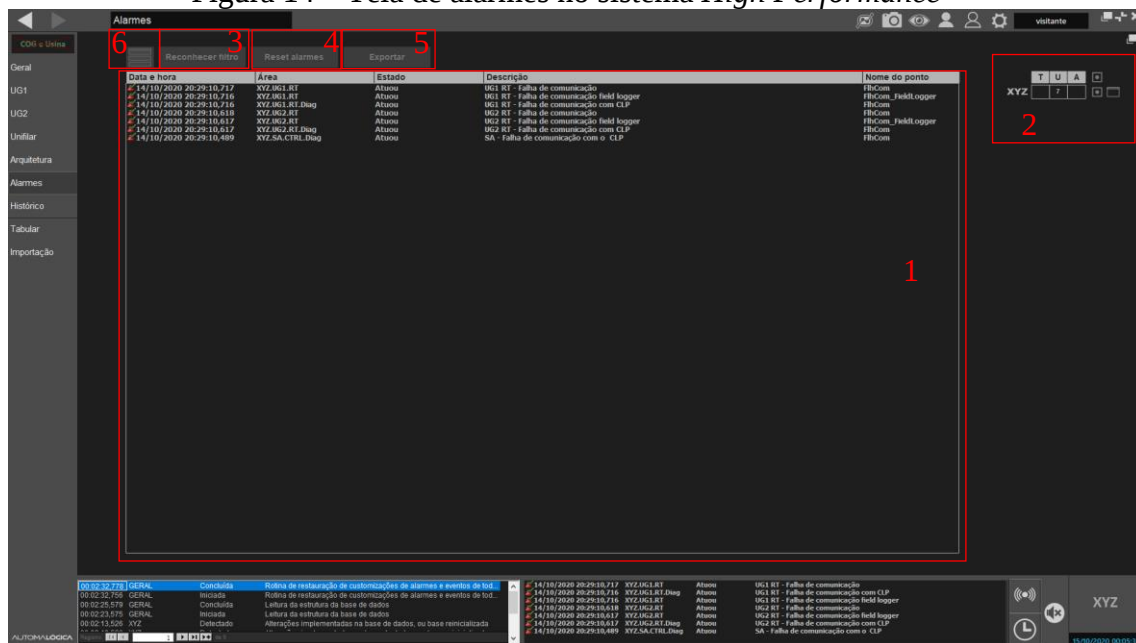
Fonte: Capturado de Elipse ®.

Na subestação é desenhado o diagrama unifilar da usina partindo do gerador até a saída da linha, então, neste caso, o que está representado em tela é o mesmo existente no diagrama elétrico do sistema. Nota-se que as medições de energia não estão em tela, porém elas ficam disponíveis através de tabulares que são abertos em formato de *pop-up* para que o operador acesse as informações apenas quando for necessário.

Outra tela de extrema importância para operação é a tela de alarmes apresentada na Figura 14. Com o intuito de mostrar todos os alarmes da usina em questão ao usuário, esta tela possui uma listagem no centro onde todos os alarmes serão apresentados e ao lado dessa lista existe um objeto onde é exibida a sigla da usina e a quantidade de alarmes atuados de acordo com a severidade configurada para cada sinal. Alguns botões também são dispostos acima da lista de alarmes desta tela e possuem a função de reconhecer todos os alarmes no SCADA, resetar aqueles que possam ficar selados no CLP (Controlador Lógico

Programável), exportar apenas a lista de alarmes atuados no momento e alterar a exibição dos alarmes de geral para separação por prioridade.

Figura 14 – Tela de alarmes no sistema *High Performance*



Fonte: Capturado de Elipse ®.

Na Tabela 7 estão listadas as partes da tela de alarmes bem como seus significados, enquanto na Tabela 8 são apresentadas as severidades de alarmes que podem ser configuradas individualmente para cada sinal adicionado na aplicação SCADA.

Tabela 7 - Legenda das partes tela de alarmes

Item	Legenda
1	Lista de alarmes atuados
2	Quantidade de alarmes por severidade
3	Botão de reconhecimento de alarmes
4	Botão de reset de alarmes
5	Botão para exportar lista de alarmes
6	Botão para alterar exibição dos alarmes

Fonte: Própria.

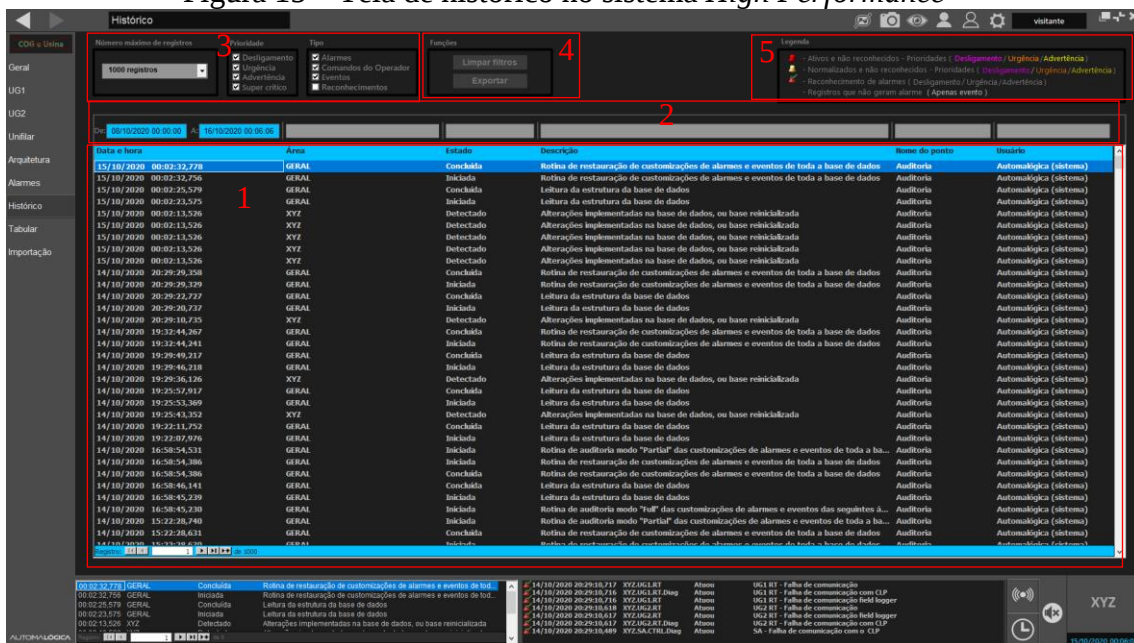
Tabela 8 - Legenda severidades de alarmes

Severidade	Sigla	Significado
0	T	Trip/Desligamento – Severidade mais alta de alarme
1	U	Urgência – Severidade média de alarme
2	A	Advertência – Severidade mais baixa de alarme

Fonte: Própria.

Além de tela de alarmes, é apresentada uma tela de histórico de eventos na Figura 15 onde pode-se notar uma estrutura similar à tela anteriormente apresentada, porém nesta tela é possível realizar alguns filtros de acordo com a necessidade porém, por ser uma tela de eventos em geral, não apresenta a possibilidade de reconhecer alarmes, apesar deles também serem exibidos na listagem que aparece nesta parte da aplicação.

Figura 15 – Tela de histórico no sistema *High Performance*



Fonte: Capturado de Elipse ®.

Conforme essa tela é separada em partes na Figura 15, cada uma delas é nomeada na Tabela 9. O que há de diferente nesta tela em relação à tela de alarmes são os filtros e as legendas. Filtros mutáveis são para configuração do usuário de acordo com a necessidade e os filtros pré-definidos são aqueles que o operador só pode optar por escolhê-los ou não, porém é a única ação que terão nestes botões.

Tabela 9 - Legenda das partes tela de histórico

Item	Legenda
1	Lista de eventos
2	Filtros mutáveis
3	Filtros pré-definidos
4	Botões de funções
5	Legendas de alarmes/eventos e cores de severidades

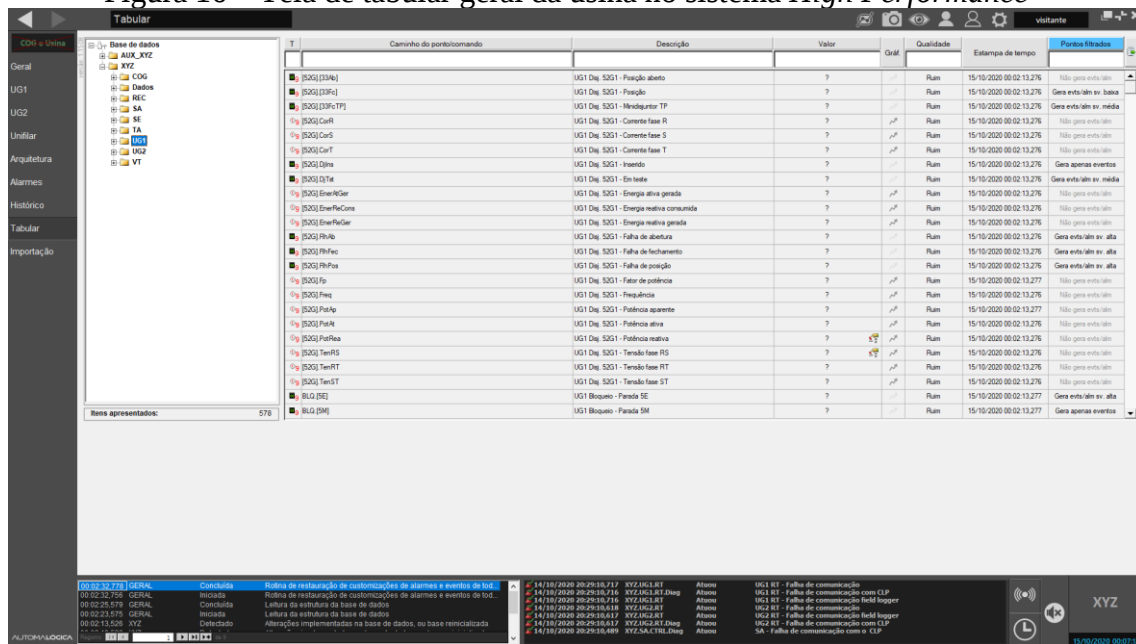
Fonte: Própria.

Com o intuito de facilitar a localização de informações da base de dados do SCADA e ainda manter o padrão de *High Performance Visual*, outra tela é desenvolvida com o nome de Tabular que pode ser geral ou de área.

A Figura 16 mostra o tabular geral da usina em estudo e nele pode ser verificada toda a base de dados da aplicação, bem como selecionar áreas específicas através da hierarquia ao lado esquerdo da tela. Na segunda coluna (Qualidade) é possível filtrar pelos sinais com qualidade ruim que significa que algum problema em campo está ocorrendo. Ao analisar estes dados o usuário pode disparar uma ação de manutenção para sanar os problemas da planta.

TRABALHO DE GRADUAÇÃO - ENGENHARIAS

Figura 16 – Tela de tabular geral da usina no sistema *High Performance*

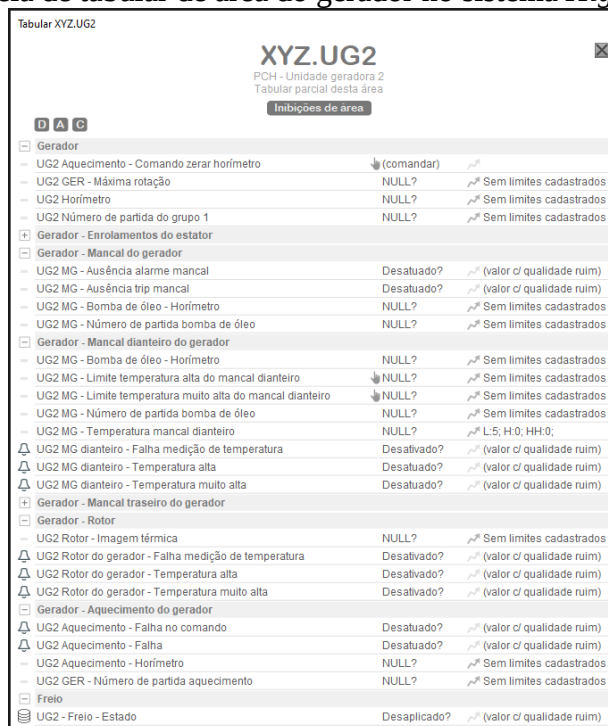


Caminho do ponteiro/comando	Descrição	Valor	Unid.	Quantidade	Estampa de tempo	Pontos filtrados
UG1 Dq. S301 - Freqüência abeto	UG1 Dq. S301 - Freqüência abeto	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Não gere eventos
UG1 Dq. S301 - Freqüência	UG1 Dq. S301 - Freqüência	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Gera evento em: base
UG1 Dq. S301 - Freqüência TP	UG1 Dq. S301 - Freqüência TP	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Gera evento em: media
UG1 Dq. S301 - Corrente fase R	UG1 Dq. S301 - Corrente fase R	?	A	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Não gere eventos
UG1 Dq. S301 - Corrente fase S	UG1 Dq. S301 - Corrente fase S	?	A	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Não gere eventos
UG1 Dq. S301 - Corrente fase T	UG1 Dq. S301 - Corrente fase T	?	A	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Não gere eventos
UG1 Dq. S301 - Inverso	UG1 Dq. S301 - Inverso	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Gera apenas eventos
UG1 Dq. S301 - Em teste	UG1 Dq. S301 - Em teste	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Gera evento em: media
UG1 Dq. S301 - Energia ativa gerada	UG1 Dq. S301 - Energia ativa gerada	?	W	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Não gere eventos
UG1 Dq. S301 - Energia reativa consumida	UG1 Dq. S301 - Energia reativa consumida	?	Var	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Não gere eventos
UG1 Dq. S301 - Energia reativa gerada	UG1 Dq. S301 - Energia reativa gerada	?	Var	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Não gere eventos
UG1 Dq. S301 - Falha de abertura	UG1 Dq. S301 - Falha de abertura	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Gera evento em: alta
UG1 Dq. S301 - Falha de fechamento	UG1 Dq. S301 - Falha de fechamento	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Gera evento em: alta
UG1 Dq. S301 - Falha de posição	UG1 Dq. S301 - Falha de posição	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Gera evento em: alta
UG1 Dq. S301 - Fator de potência	UG1 Dq. S301 - Fator de potência	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.277	Não gere eventos
UG1 Dq. S301 - Frequência	UG1 Dq. S301 - Frequência	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Não gere eventos
UG1 Dq. S301 - Potência aparente	UG1 Dq. S301 - Potência aparente	?	Var	Rum	15/10/2020 00:02:13.277	Não gere eventos
UG1 Dq. S301 - Potência ativa	UG1 Dq. S301 - Potência ativa	?	W	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Não gere eventos
UG1 Dq. S301 - Potência reativa	UG1 Dq. S301 - Potência reativa	?	Var	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Não gere eventos
UG1 Dq. S301 - Tensão fase RS	UG1 Dq. S301 - Tensão fase RS	?	V	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Não gere eventos
UG1 Dq. S301 - Tensão fase RT	UG1 Dq. S301 - Tensão fase RT	?	V	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Não gere eventos
UG1 Dq. S301 - Tensão fase ST	UG1 Dq. S301 - Tensão fase ST	?	V	Rum	15/10/2020 00:02:13.276	Não gere eventos
UG1 Bloqueio - Fenda SE	UG1 Bloqueio - Fenda SE	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.277	Gera evento em: alta
UG1 Bloqueio - Fenda SH	UG1 Bloqueio - Fenda SH	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.277	Gera apenas eventos

Fonte: Capturado de Elipse ®.

O tabular de área apresentado na Figura 17 tem a mesma função do geral, porém, enquanto um tem a possibilidade de realizar filtros, este é apenas para visualização das áreas configuradas para cada um, onde poderão ser visualizados todos os sinais dessa área, alarmes atuados, comandos e medidas analógicas.

Figura 17 – Tela de tabular de área do gerador no sistema *High Performance*



Descrição	Valor	Unid.	Quantidade	Estampa de tempo	Pontos filtrados
UG2 Aquecimento - Comando zerar horímetro	(comandar)	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 GER - Máxima rotação	NULL?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 Horímetro	NULL?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 Número de partida do grupo 1	NULL?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
Gerador - Enrolamentos do estator					
Gerador - Mancal do gerador					
UG2 MG - Ausência alarme mancal	Desatuado?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 MG - Ausência trip mancal	Desatuado?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 MG - Bomba de óleo - Horímetro	NULL?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 MG - Número de partida bomba de óleo	NULL?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
Gerador - Mancal dianteiro do gerador					
UG2 MG - Bomba de óleo - Horímetro	NULL?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 MG - Limite temperatura alta do mancal dianteiro	NULL?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 MG - Limite temperatura muito alta do mancal dianteiro	NULL?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 MG - Número de partida bomba de óleo	NULL?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 MG - Temperatura mancal dianteiro	NULL?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 MG dianteiro - Falha medição de temperatura	Desativado?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 MG dianteiro - Temperatura alta	Desativado?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 MG dianteiro - Temperatura muito alta	Desativado?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
Gerador - Mancal traseiro do gerador					
Gerador - Rotor					
UG2 Rotor - Imagem térmica	NULL?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 Rotor do gerador - Falha medição de temperatura	Desativado?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 Rotor do gerador - Temperatura alta	Desativado?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 Rotor do gerador - Temperatura muito alta	Desativado?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
Gerador - Aquecimento do gerador					
UG2 Aquecimento - Falha no comando	Desativado?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 Aquecimento - Falha	Desativado?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 Aquecimento - Horímetro	NULL?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
UG2 GER - Número de partida aquecimento	NULL?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276
Freio					
UG2 - Freio - Estado	Desativado?	?	Hz	Rum	15/10/2020 00:02:13.276

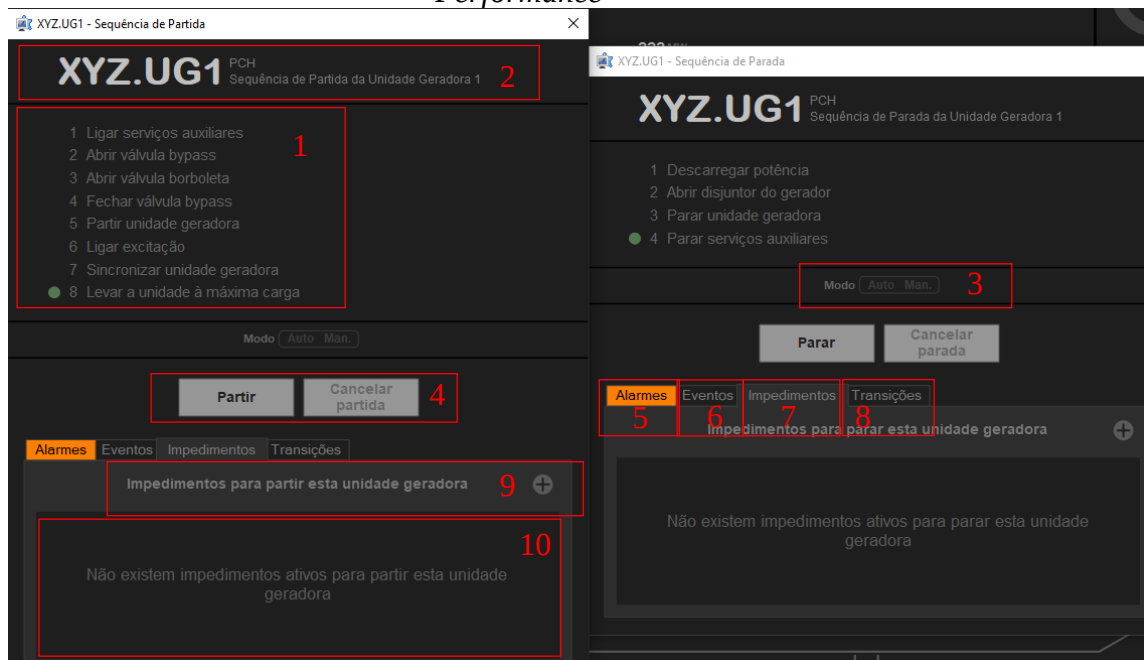
Fonte: Capturado de Elipse ®.

A última tela a ser apresentada para comparação entre o sistema clássico e o sistema desenvolvido em *High Performance Visual* é a tela de partida e parada da unidade geradora

TRABALHO DE GRADUAÇÃO - ENGENHARIAS

apresentada na Figura 18. Estas telas são abertas em formato de *pop-up* e aparecem sempre na frente da tela principal, porém, não impedem a interação com as telas que ficam no fundo.

Figura 18 – Telas de partida e parada de uma unidade geradora no sistema *High Performance*



Fonte: Capturado de Elipse ®.

Todos os parâmetros dessa tela estão nomeados na Tabela 10 e pode-se notar que a aba de alarmes está na cor laranja para mostrar que aquela aba necessita de uma atenção e que o operador deve clicar sobre ela para verificar os alarmes que estão atuados no momento.

Tabela 10 - Legenda da tela de partida e parada

Item	Legenda
1	Passos de partida/parada
2	Cabeçalho da tela
3	Modo de partida/parada da unidade geradora
4	Botões de partir/parar e cancelar
5	Seleção da aba de alarmes da unidade geradora
6	Seleção da aba de eventos da unidade geradora
7	Sinais que impedem que seja executada partida/parada
8	Sinais que estão impedindo que determinado passo da partida/parada seja concluído
9	Botão para mostrar todos os sinais que podem impedir uma partida/parada
10	Espaço para mostrar eventos, alarmes, impedimentos ou transições de acordo com a aba selecionada

Fonte: Própria.

Resultados e Discussão

Com os dados dos dois sistemas, pode-se fazer a comparação e perceber o quanto a IHM em *High Performance Visual* é vantajosa em relação ao sistema clássico de supervisão trazendo uma interface limpa, objetos simples e podendo verificar rapidamente as

TRABALHO DE GRADUAÇÃO - ENGENHARIAS

anormalidades que possam ocorrer no sistema. Um estudo realizado pela *Abnormal Situation Management (ASM)* e *Nova Chemicals* mostra o potencial para melhoria nos processos em sistemas com IHM (Interface Homem Máquina) construídos com o conceito de *High Performance*. Neste estudo, vinte e um operadores foram testados em um sistema supervisorio no novo formato, com um simulador sofisticado simulando perturbações na planta para que fossem identificados pelos colaboradores. Durante os testes, no sistema desenvolvido com o novo conceito, mais operadores obtiveram sucesso ao identificar o problema e sempre de forma mais rápida, resolvendo as situações em tempo muito menor e com taxa de sucesso maior do que com o sistema clássico de supervisão demonstrando, assim, a eficácia de um sistema desenvolvido em *High Performance* [6].

Com a mudança de um sistema clássico para um *High Performance Visual*, uma aplicação do centro de operações da CPFL Renováveis utilizando o *software* Elipse, obteve-se um aumento de 35% na eficiência operacional. Parâmetros medidos através da agilidade dos operadores em identificar problemas e anormalidades. Com o cansaço visual reduzido após a mudança de sistema os usuários agora trabalham em um ambiente mais confortável e de menos estresse operacional que o anterior [7].

Utilizando o conceito de SCADA em alta performance visual pode-se observar que no sistema da usina em estudo, após a migração, a quantidade de telas foi reduzida. Trazendo uma visualização em tons escuros, os operadores do sistema conseguem trabalhar de forma amena e ter uma rápida ação em caso de alguma anormalidade que será representada em tela em cores vívidas.

A tela geral apresentada na Figura 11 é a tela principal por onde toda a usina deve ser operada em situação normal no sistema desenvolvido em *High Performance Visual*. Nesta visualização é possível verificar o estado de uma unidade geradora, situações das comportas existentes, um resumo da subestação representando apenas o transformador elevador e o disjuntor de saída da usina, observa-se o sistema de drenagem e os níveis à montante da usina e da câmara de carga. Em todas as telas existem “caixas de alarmes” inseridos em locais estratégicos de forma que qualquer anomalia do sistema seja mostrada nessa interface através de cores de acordo com a severidade do alarme atuado. Estas mesmas “caixas de alarmes” são utilizadas para chamar os tabulares de área como o mostrado na Figura 17. No sistema clássico o operador não tem uma visão clara de toda usina como mostrado no sistema moderno e para visualizar todos esses sistemas o usuário precisaria navegar entre as telas exibidas nas figuras Figura 3, Figura 7, Figura 8 e Figura 9 o que irá diminuir a assertividade e agilidade na identificação do problema, além da demora poder causar problemas sérios na usina uma vez que essa operação é remota.

Enquanto no sistema clássico existem telas para sistema de lubrificação, unidade hidráulica de regulação, identificação dos mancais e medições da unidade exibidos nas figuras Figura 3, Figura 4 e Figura 5, ao migrar para o novo sistema de supervisão, todas essas informações estão disponíveis em apenas uma tela como é mostrada na Figura 12. É importante ressaltar que o sistema clássico trabalha com muitas cores e desenhos tridimensionais para ilustrar a turbina e o gerador da máquina (Figura 3), porém nada disso é pertinente à operação. O usuário precisa de uma visão limpa e clara do que existe na usina e onde ficam as partes, porém uma visão real ou imagem da turbina com informações dispersas nas imagens irá apenas dificultar a ação do operador. Por isso todas as medições analógicas de temperatura ficam na parte inferior da tela do novo sistema e apenas sinais pertinentes estão dispostos nas partes equivalentes como velocidade da turbina e medições elétricas do gerador.

No caso da subestação, a maior diferença entre o SCADA clássico e o *High Performance Visual* está nas cores apresentadas e quantidade de medidas em tela. Enquanto o sistema clássico segue com telas muito coloridas e várias informações em tela desnecessárias como energia da linha e de cada unidade geradora e informações do serviço auxiliar como

TRABALHO DE GRADUAÇÃO - ENGENHARIAS

apresentado na Figura 9, o novo supervisório vem apresentar o mesmo conceito de cores das outras telas, como mostrado na Figura 13, e todas essas informações que não são necessárias à operação normal da usina estão disponíveis nos tabulares de área que estão dispostos nas telas, porém sempre separados nas áreas correspondentes.

Do mesmo modo que a subestação, a tela de histórico no novo supervisório exibida na Figura 15 em relação ao sistema clássico da Figura 10 mudou, basicamente, o conceito de cores e o padrão foi modernizado, porém as funcionalidades são muito semelhantes. No novo sistema de supervisão tem-se uma tela apenas para alarmes na Figura 14 que possui algumas funcionalidades interessantes como a contagem de alarmes de acordo com a severidade destes (item 2 da Tabela 7). Esta funcionalidade permite que o operador analise quais são os tipos de alarmes ativos na usina e a quantidade de cada um deles facilitando uma tomada de decisão referente à planta.

Conclusão

O trabalho aqui desenvolvido, trouxe luz sobre o assunto relacionado aos sistemas supervisórios de usinas hidrelétricas, evidenciando a necessidade de modernização dos sistemas clássicos existentes, com vistas ao melhoramento da agilidade do operador da usina na visualização de problemas.

Assim, sabendo da importância da supervisão de usinas realizada remotamente e da deficiência na apresentação das informações dos sistemas clássicos de supervisão, uma vez que nesses sistemas as informações, muitas vezes, não estão claras e de fácil acesso. Nesse cenário aqui descrito, as empresas de energia começaram a fazer a troca de seus supervisórios por sistemas em *High Performance Visual* aumentando sua eficiência operacional.

O projeto aqui apresentado traz uma minuciosa comparação entre os dois sistemas de supervisão, o clássico e o *High Performance Visual* e apresenta a grande diferença existente entre eles. Com o novo SCADA são apresentadas apenas as informações estritamente necessárias ao operador com uma tonalidade de cores neutras que deverá atrair a atenção do usuário apenas em caso de anomalias. Fica claro que o sistema desenvolvido em *High Performance Visual* traz um grande diferencial em comparação com o sistema clássico de supervisão utilizado, além de proporcionar um ambiente de trabalho amigável e a possibilidade de treinamentos mais eficazes para os operadores.

O sistema de supervisão de usinas em *High Performance Visual* ainda é novo e promissor, mas as usinas que já migraram para esse sistema apontam as vantagens em relação aos sistemas clássicos normalmente utilizados bem como o conforto e a praticidade de se trabalhar com um supervisório confiável, amigável e que está revolucionando a forma de supervisionar usinas remotamente, como mostra o depoimento a seguir, do supervisor do Centro de Operação Integrado da CPFL Renováveis, que trabalha diretamente com o novo sistema.

Anteriormente a modernização do sistema SCADA, a supervisão e o controle das usinas eram complexos, para que um operador estivesse apto a operar uma instalação era necessário um treinamento específico, devido à grande quantidade de telas sem homogeneidade utilizadas em cada aplicação. Essa falta de padrão e quantidade de telas dificultava a visualização e obtenção das informações nas ocorrências de tempo real. Com a modernização para o padrão High Performance, ocorreu a homogeneização de todos os mais de 700 mil pontos do sistema SCADA da CPFL Renováveis, este padrão facilita a operação dos ativos, destaca somente as

TRABALHO DE GRADUAÇÃO - ENGENHARIAS

informações que demandam atenção da operação, utiliza uma menor quantidade de telas e facilita a navegação, possibilitando uma rápida e confiável operação em tempo real dos ativos da CPFL Renováveis.[8]

Referências Bibliográficas

[1] (CASE BEI 2020) – COG da BEI – Brasil Energia Inteligente, Implementado com Elipse E3, Controla 52 Usinas Remotamente (2020). Disponível em: <<https://www.elipse.com.br/case/cog-da-bei-brasil-energia-inteligente-implementado-com-o-elipse-e3-controla-52-usinas-remotamente/>>. Acesso em 12 de set. 2020.

[2] (REIS, 2011) - REIS, Lineu Belico dos. Geração de energia elétrica. 2011.

[3] (NATGEO 2020) – National Geographic (2020). Disponível em: <<https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/hydropower/#:~:text=A%20typical%20hydroelectric%20plant%20is,turbine%2C%20causing%20them%20to%20turn.>>. Acesso em 24 de ago. 2020.

[4] (SANTOS, 2014) - SANTOS, Max Mauro Dias. Supervisão de Sistemas: funcionalidades e aplicações. 1. Ed. São Paulo: Érica, 2014.

[5] (ELIPSE ®, [20--]) ELIPSE Software. Porto Alegre - RS, [20--]. Disponível em: <https://www.elipse.com.br/>. Acesso em: 21 set. 2020.

[6] (HOLLIFIELD, 2008) - HOLLIFIELD, Bill; OLIVER, Dana; NIMMO, Ian; HABIBI, Eddie. *The High Performance HMI Handbook*. Houston, 2008.

[7] (FILHO, 2017) – FILHO, Augusto Ribeiro Mendes. CPFL RENOVÁVEIS MODERNIZA SEU SISTEMA SCADA, QUE PASSOU A UTILIZAR AS PLATAFORMAS DA ELIPSE, AUMENTANDO EM 35% SUA EFICIÊNCIA OPERACIONAL, 2017. Disponível em: <https://www.elipse.com.br/case/cpfl-renovaveis-moderniza-seu-sistema-scada-que-passou-a-utilizar-as-plataformas-da-elipse-aumentando-em-35-sua-eficiencia-operacional/>. Acesso em: 12 out. 2020.

[8] (FERREIRA, 2020) – FERREIRA, Cleiton da Silva, Supervisor do Centro de Operação Integrado da CPFL Renováveis. DEPOIMENTO do Padrão *High Performance*. Destinatário: Anderson Martins Alves. [S. l.], 13 nov. 2020. e-mail.