

LABORATÓRIO DE AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS



2012

4. Sistemas de supervisão e controle

Prof. Eduardo Lorenzetti Pellini

PEA/EPUSP

Nesta experiência o aluno desenvolverá um sistema de supervisão e controle para a planta do reator químico apresentado na experiência 3. A atividade envolve: o design das interfaces de supervisão e controle para operação remota do reator, o desenvolvimento das interfaces gráficas de apresentação de alertas, alarmes, gráficos com tendências e prognósticos. Os alunos terão contato com a terceira geração de sistemas SCADA, baseada em uma arquitetura distribuída com o amplo uso de protocolos de comunicação baseados em redes padrão Ethernet.

Sistemas de supervisão e controle

1. Apresentação

Em uma planta automatizada, um sistema de supervisão e controle consiste em um amplo número de sensores, sinalizadores, atuadores e dispositivos de apoio, que permitem que seus usuários possam identificar e acompanhar o estado de funcionamento de seus processos, para orientar comandos e controles de atuação sobre o sistema. O objetivo é garantir que uma determinada programação produtiva seja cumprida, seguindo estritos requisitos de operação, tais como: segurança, velocidade, qualidade, repetitividade, eficiência e economia.

Na tradicional pirâmide de automação, tais sistemas ocupam um espaço intermediário de sua estrutura, entre as camadas mais gerenciais (superiores), que determinam as ordens e estratégias de produção, e as camadas mais operacionais (inferiores), responsáveis por executar e cumprir as ações de transformação do processo. Para que esse papel possa ser executado, um fluxo de informações (inerentes ao processo e inerentes à gerência de operação) deve fluir de forma bidirecional através dessa estrutura.

Conforme a complexidade do sistema produtivo e da estrutura de organização, tais sistemas de supervisão e controle podem estar espalhados em diversas camadas intermediárias e hierárquicas da pirâmide de automação, com características e requisitos diferenciados. Dessa forma, na base de um processo produtivo, onde a energia é efetivamente utilizada para a transformação de um bem, pode existir uma interface de supervisão e controle próxima, responsável por gerir essa parte do sistema, com observação de estados e operações de comando diretamente relacionados a esse processo específico. De forma análoga, em outras partes hierarquicamente superiores, podem existir outras interfaces de supervisão e controle, responsáveis por gerir as atividades de diversos agrupamentos de partes menores do sistema, e assim por diante.

Fisicamente, os sistemas de automação e controle podem ser constituídos por simples botões, sinalizadores, dispositivos de atuação e tomada de decisão (eletrônicos ou eletromecânicos), e estruturas de sensores, todos conectados por fiações elétricas dedicadas. Atualmente, tais sistemas são popularmente constituídos por sistemas computacionais, digitais e programáveis, nos quais podemos identificar componentes responsáveis por coletar os dados de campo e executar operações e ordens de controle (tais como: CPs, unidades terminais remotas (UTR), unidades de aquisição e

controle (UAC)) e componentes responsáveis por exibir, tratar e processar essas informações para os usuários e estabelecer e enviar as ordens de comando de volta ao campo (tais como dispositivos de interfaces homem-máquina (IHM), monitores gráficos, displays sinópticos com sinalizadores, botões e controles, registradores de eventos, alarmes e oscilografias). Todos esses elementos são interconectados por uma infraestrutura de comunicação de dados, com diversos equipamentos, meios, alcances e capacidades de transmissão. Especificamente no meio industrial, hoje há uma ampla disseminação de redes de computadores e dispositivos no chão de fábrica (*FieldBus*), com inúmeros padrões (CAN, Ethernet/IP, Foundation Fieldbus, DeviceNet, LonWorks, ModBus, IEC 61850, EtherCAT), velocidades, tecnologias de transmissão, e características. Entretanto, tais redes também estão presentes em outros ambientes, desde em produtos da indústria aeroespacial e automobilística, bem como na área de energia.

Nesse experimento de laboratório, os alunos desenvolverão partes de um mini sistema de supervisão e controle para uma planta de reator químico, criando uma interface de visualização, comando e operação local (baseada em uma IHM com display de LCD) e uma interface simplificada de visualização, comando e operação remotas (baseada em um computador desktop). Ambas as interfaces se utilizarão da infraestrutura de telecomunicações presente na bancada, que envolve mensagens no padrão Ethernet/IP desenvolvido pela Allen-Bradley para sua linha de CP's CompactLogix e IHMs PanelView. O fluxo de mensagens na rede poderá ser observado durante a operação do sistema através do software de monitoramento de tráfego Ethernet Wireshark.

2. Desenvolvimento em laboratório

A seguir são apresentadas as etapas para desenvolvimento da experiência em laboratório. Os pontos relevantes para elaboração do relatório são mostrados oportunamente ao longo do texto.

2.1. Programa do CP CompactLogix L32E

O sistema presente no controlador programável terá como base a lógica desenvolvida na experiência 3, criada para a planta do reator químico. Essa lógica foi previamente modificada para simular uma determinada dinâmica de resposta do reator de forma automática. Dessa forma, na “giga” de testes utilizada na experiência anterior, mostrada na Fig. 1, os alunos deverão executar apenas a ligação da entrada digital 3 do CP ao sensor de posicionamento do tambor. As demais entradas não serão necessárias e são simuladas internamente. As saídas digitais de acionamento e controle das válvulas poderão ser ligadas aos LEDs da “giga” para que os alunos possam observar a atuação do sistema simulado no interior do CP.

Tal código é apresentado no arquivo **PEA2509_EXP4_REATOR_SIM.ACD**, que deve ser aberto do software “RSLogix 5000” para programação (*Download*) no CP. Verifique se as configurações do controlador (cartões de CPU, IO, etc.) estão corretas, se o “*Project Path*” para *download* está adequado a sua bancada e se as lógicas do programa estão adequadas ao projeto em questão.

- A) Tarefa para o relatório:** Analise e apresente no relatório da experiência uma descrição breve do papel e das características (execução em tempo contínuo, agendada, etc.) de cada tarefa configurada e de cada programa presente no CP.

O código base, da forma que está apresentado, será utilizado no início do desenvolvimento das atividades desse laboratório. Entretanto, esse código deverá ser modificado para comportar novas funcionalidades, comentadas adiante, para a simulação de falhas e alertas durante a operação da planta.

- B) Tarefa para o relatório:** As alterações feitas no código do CP devem ser documentadas no relatório final, com uma breve explicação das modificações efetuadas.

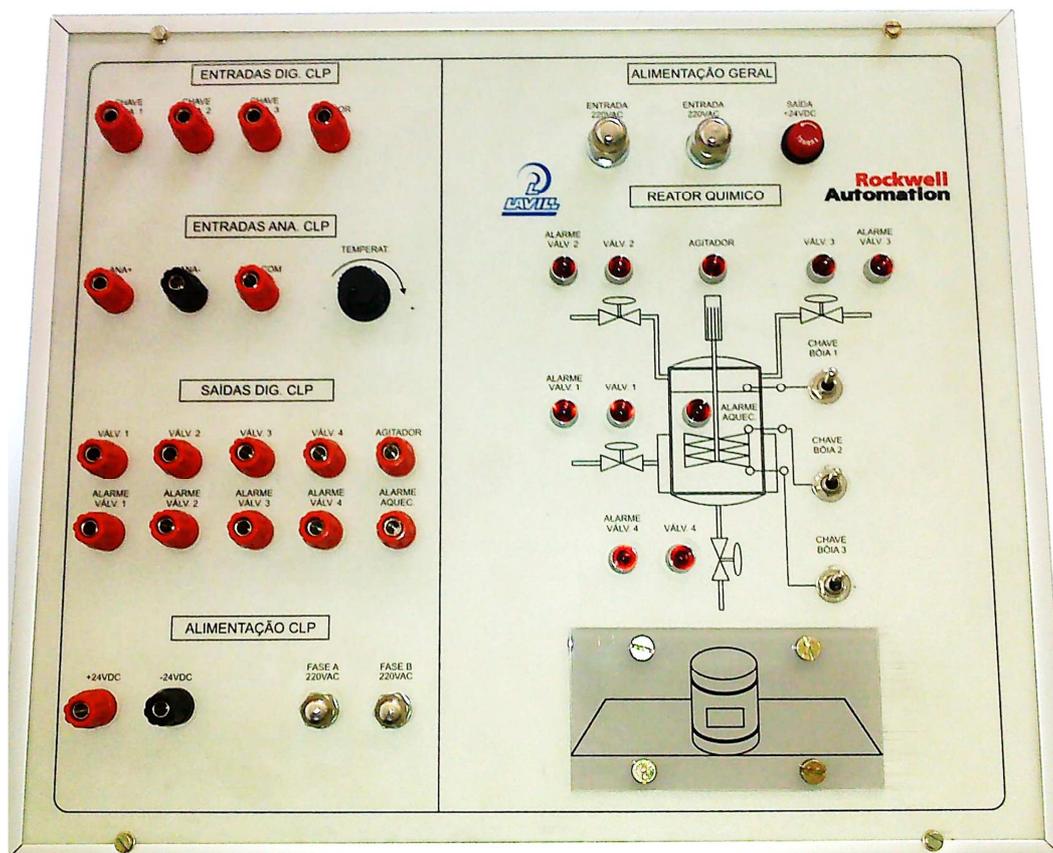


Fig. 1 – Giga de testes para simulação das operações do CP com o reator.

2.2. Lista de TAGs do CP

O CP possui uma ampla lista de TAGs disponível para uso na interface IHM de supervisão e controle. Essas TAGs são enumeradas e comentadas nas Tabelas 1 e 2 mostradas a seguir.

Tabela 1 – TAGs internas disponíveis no controlador programável.

Escopo	Nome	Descrição	Tipo
Global	HabilitaOperacao	Condicao de operacao OK	BOOL
	IHMDesligar	Botao IHM Desligar	BOOL
	IHMLigar	Botao IHM Ligar	BOOL
	InBoia1	Boia - nivel alto	BOOL
	InBoia2	Boia - nivel medio	BOOL
	InBoia3	Boia - nivel baixo	BOOL
	InTambor	Tambor em posicao	BOOL
	InTerm	Temperatura Grau Celcius	REAL
	InTermRaw	Temperatura ADC	DINT
	OutAgitador	Agitador do reator	BOOL
	OutValvula1	Valvula de vapor	BOOL
	OutValvula2	Valvula reagente 1	BOOL
	OutValvula3	Valvula reagente 2	BOOL
	OutValvula4	Valvula de saida	BOOL
	TermOK_PreHeat	Temperatura ok no pre aquecimento	BOOL
	TermOK_PreMix	Temperatura ok na fase de pre mistura	BOOL
	TermSetpoint	SetPoint de temperatura do controlador	REAL
MainProgram	St0_Stopped	Estado - Sistema parado	SFC_STEP
	St1_PreHeat	Estado - Pre aquecimento do tanque	SFC_STEP
	St2_Fill1	Estado - Enche vaso com reagente 1	SFC_STEP
	St3_Fill2	Estado - Enche vaso com reagente 2	SFC_STEP
	St4_HeatPreMix	Estado - Aquecimento da mistura	SFC_STEP
	St5_ActMixer	Estado - Mistura	SFC_STEP
	St6_DumpRes	Estado - Descarga	SFC_STEP
	St7_WaitTambor	Estado - Retirada do Tambor	SFC_STEP

Tabela 2 – TAGs internas disponíveis no controlador programável.

Escopo	Nome	Descrição	Tipo
MalhasSim	AmbTemp	Temperatura ambiente	REAL
	DeltaTempVaso	Sobreelevação de temperatura no vaso	REAL
	FluxoA	Vazao Reag 1 [l/s]	REAL
	FluxoB	Vazao Reag 2 [l/s]	REAL
	FluxoSaida	Vazao saida [l/s]	REAL
	FluxoVapor	Vazao massica de vapor [cg/s]	REAL
	MassaAB	Massa total dos reagentes [kg]	REAL
	MassaReact	Massa do metal do reator [kg]	REAL
	MassaVaso	Massa total do reator [kg]	REAL
	QA	Calor transferido pelo reag 1 [kj]	REAL
	QB	Calor transferido pelo reag 2 [kj]	REAL
	QPerdas	Perdas termicas do reator [kj]	REAL
	QVapor	Calor Vapor [kj]	REAL
	TA	Temperatura natural do reagente 1	REAL
	TB	Temperatura natural do reagente 2	REAL
TVapor	Temperatura natural do vapor superaquecido	REAL	
IntSimulator	OutNivelLitros	Volume total de reagentes no reator [l]	DINT

Tais TAGs deverão ser associadas aos elementos gráficos apropriados, conforme as instruções fornecidas adiante.

2.3. Programa da IHM PanelView

No caso da IHM PanelView, os alunos devem importar a aplicação presente no arquivo **EXP4_IHM_PV.APA**, clicando duas vezes sobre o arquivo. Inicialmente será aberto o programa “Application Manager”, onde os alunos devem escolher “Restore the Factory Talk View Machine Edition application”, como mostrado na Fig. 2. A seguir, deve-se escolher um nome qualquer para a aplicação desenvolvida pelo grupo de alunos.

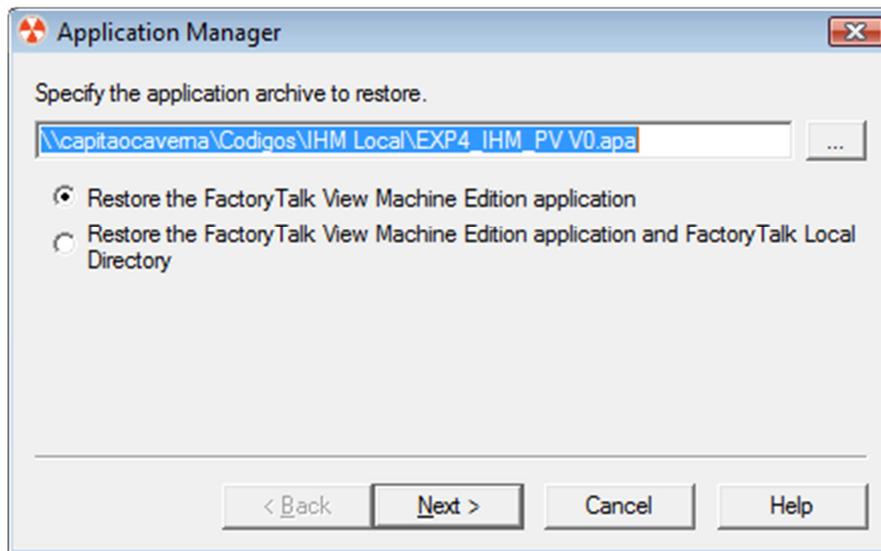


Fig. 2 – Importando o arquivo da aplicação PanelView.

Os alunos devem então abrir o programa FactoryTalk View Studio, em sua modalidade Machine Edition, escolhendo o nome de aplicação digitado anteriormente, para proceder à edição dos elementos dessa interface. É importante checar na seção “RSLink Enterprise” da árvore de itens do projeto, no item “Communication Setup”, se já existe um “Device Shortcut”, com o nome “PEA2509”, atribuído ao CP de sua bancada.

Serão construídas três janelas para monitoramento de alguns dos parâmetros da planta, para servir como ferramentas de manutenção, análise e depuração de problemas. É importante ressaltar, porém, que nessa aplicação tais telas estarão disponíveis a quaisquer usuários do mini sistema supervisório. Além de poder confundir o operador com excesso de informações, tais telas representam um problema potencial de segurança, uma vez que estariam expostos e acessíveis vários detalhes operacionais do reator, de forma desnecessária. Isso poderia ser evitado através da implantação de um sistema de controle de acesso com nome de usuário e senha, além de diversos níveis de permissão de acesso a esses recursos.

2.4. Lista de janelas na aplicação do PanelView

Os alunos devem criar três novas janelas (Displays) no projeto do FactoryTalk View Studio ME aberto:

- 1) Uma janela de análise de temperatura e liberação de vapor, para depuração das operações de aquecimento do reator;
- 2) Uma janela de análise de admissão/saída do volume dos reagentes no vaso, incluindo detalhes do funcionamento das bóias e das válvulas de liberação de reagentes, para depuração das operações de entrada e saída dos mesmos;

3) Uma janela de estatística de produção, contendo um sumário de valores administrados e produzidos pelo sistema. Os itens de produção do reator devem ser contabilizados dentro do CP para posterior apresentação no display da IHM.

C) Tarefa para o relatório: As telas desenvolvidas e seus elementos gráficos devem ser documentados no relatório da experiência.

Para criar cada uma dessas telas, deve-se clicar com o botão direito na árvore de itens do projeto do FactoryTalk View ME, no item “Graphics”, “Displays”, e escolher “New”. Uma nova janela deve ser criada. Explore as propriedades (*Display settings...*) dessa janela e modifique-as como julgar pertinente para cada situação. É importante salvar quaisquer alterações ou mudanças efetuadas (menus “File”, opção “Save As”), além de fornecer um nome para cada tela. Esse nome é importante, posteriormente, para a criação dos mecanismos de ligação e navegação entre as diversas páginas do projeto. Em cada tela devem ser criados diversos elementos visuais, como mostrado adiante.

2.4.1. Botões de navegação

Em todas as janelas, incluindo a janela principal já existente (mostrada na Fig. 3), devem ser criados botões para navegação de uma janela para a outra. Isso pode ser feito através da adição de um objeto disponível no menu “Objects”, opção “Display Navigation”, com botões do tipo “Goto” ou “Return To”. Ao clicar nesses objetos, clique e arraste na página principal a área onde o usuário deseja posicionar um botão, como aqueles mostrados na tela da Fig. 3 (“Temp. Monitor” e “Alarmes”).

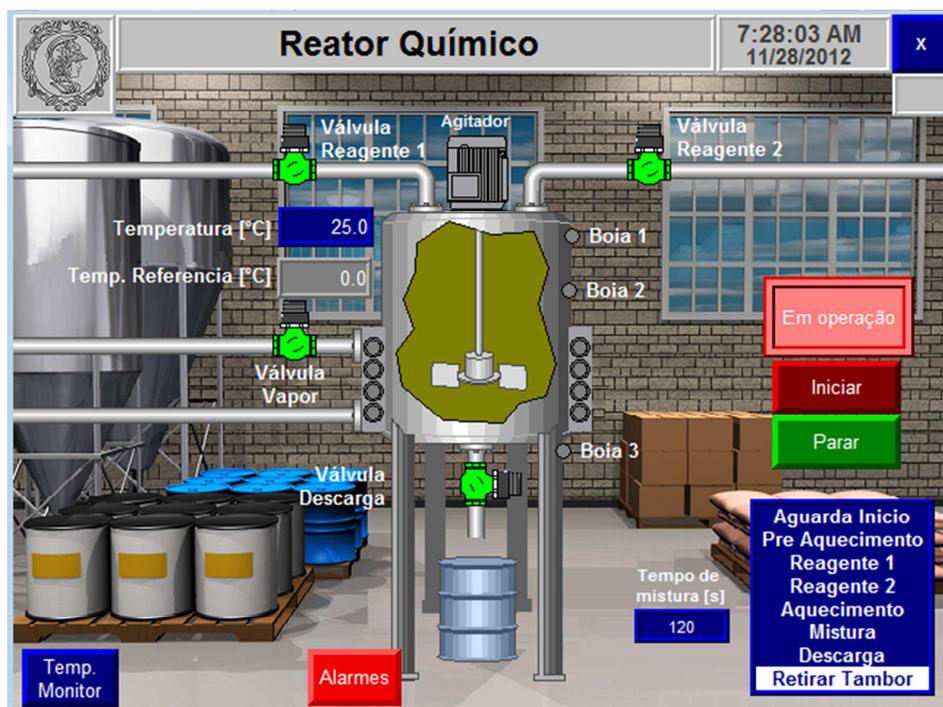


Fig. 3 - Tela da IHM PanelView para o experimento.

O usuário deve clicar com o botão direito sobre esses elementos e acionar a opção “Properties” para explorar as opções mostradas. Ajuste cores e os textos desses botões (“Caption”), coloque imagens “Image settings” e defina as telas de destino em “Display settings”.

- D) Tarefa para o relatório:** Mostre e explique algumas das propriedades de um dos botões criados em suas telas. As telas de ajuda contextual, acessível por meio do botão “Help” nessa janela de propriedades, pode auxiliar o aluno nesse entendimento.

2.4.2. Botões de navegação para tela popup de alertas

O usuário deve criar um botão na janela principal para acesso direto à janela já existente de alarmes e alertas da aplicação “[ALARM]”.

2.4.3. Elementos para animação de TAGs do CP

De forma análoga à criação dos botões, em várias telas os alunos devem criar elementos para sinalização de variáveis (TAGs) e estados presentes no CP do reator. Tais elementos podem ser escolhidos e explorados a vontade a partir da paleta de ferramentas mostradas no FactoryTalk View, como mostrado na Fig. 4.



Fig. 4 – Elementos para desenho da interface e criação de animações.

- E) Tarefa para o relatório:** Apresente alguns detalhes dos recursos disponibilizados pelos seguintes objetos: “Bar Graph”, “Trend”, “Gauge”, “Numeric Display” e “Ellipse”.

Em cada um dos elementos gráficos criados dentro de uma janela, ajuste seu posicionamento e tamanho e acione com o botão direito suas propriedades. Explore os detalhes mostrados e procure por propriedades do tipo “Connections”, como a mostrada na Fig. 5.

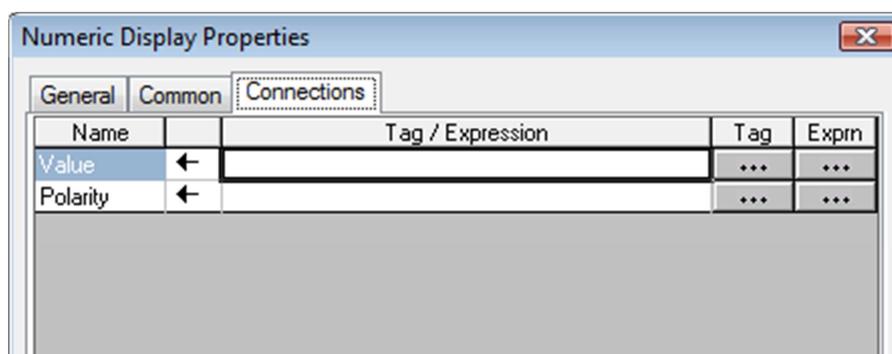


Fig. 5 – “Connections” de um objeto “Numeric Display”.

Nessas propriedades, o aluno deve estabelecer uma conexão lógica com uma TAG do CP ou da IHM, conforme desejado. Para isso, basta clicar no botão “Tag” ou “Exprn”.

Alguns elementos não possuem conexões desse tipo disponíveis no seu menu de propriedades. Entretanto, eles podem apresentar diversas características de animação que estão acessíveis clicando-se com o botão direito e escolhendo-se a opção “Animation”, em suas várias subopções, como mostrado na Fig. 6 para o objeto elipse.

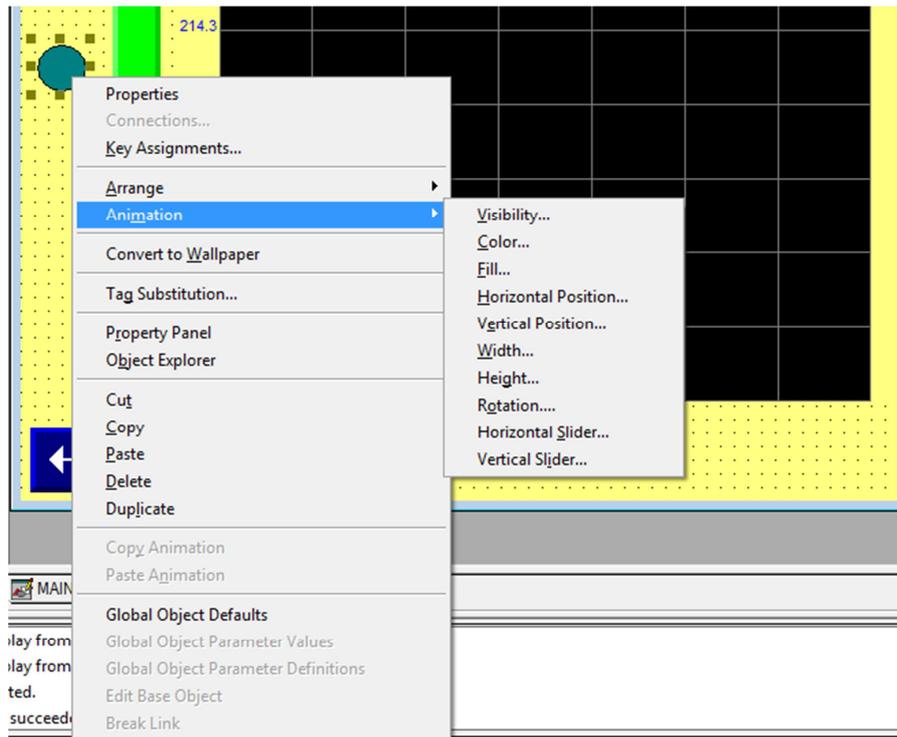


Fig. 6 – “Animations” de um objeto “Elipse”.

Cada propriedade de animação pode ser associada aos TAGs, conforme desejado, clicando-se nos botões “TAGs” ou “Expression” mostrados.

2.4.4. Associação aos dados das TAGs

Ao se clicar nos botões “TAGs”, “Expression” ou “Exprn” o usuário é apresentado a uma lista de TAGs disponível através das interfaces de comunicação da IHM com o processo. O usuário pode escolher TAGs individuais (Fig. 7) – que serão associadas a valores mais tarde para ligar um ou outro recurso da interface, determinar sua cor, posição, etc. – ou construir expressões lógicas e condicionais, como mostrado na Fig. 8 – também envolvendo o valor de TAGs, mas também expressões booleanas, matemáticas, com sintaxe que pode ser conduzida pelos botões assistentes disponíveis.

F) Tarefa para o relatório: Apresente alguns detalhes dos recursos da janela Expression Editor mostrada na Fig. 8.

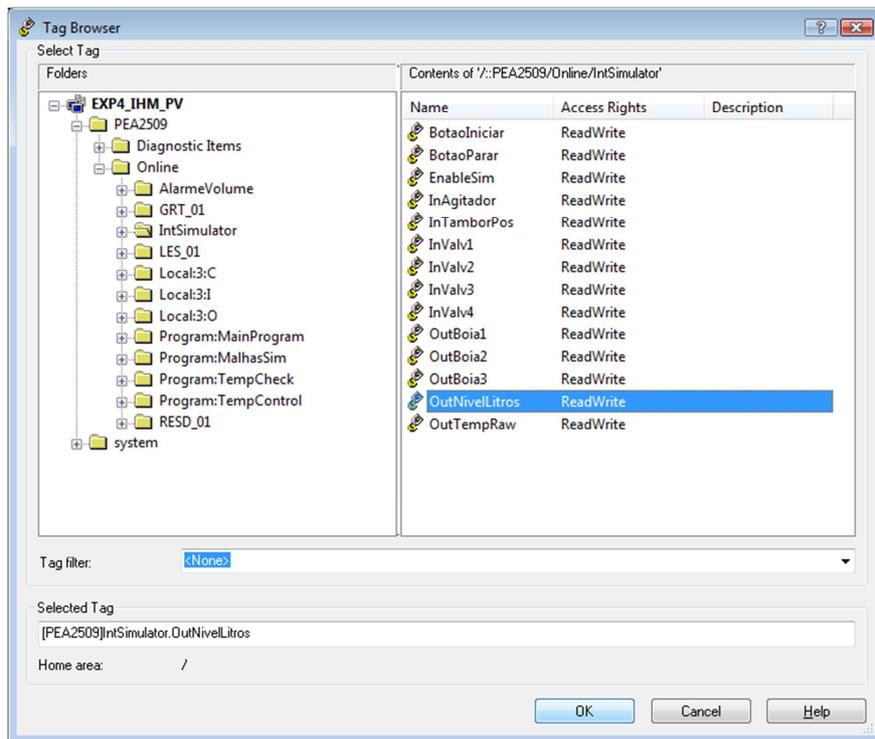


Fig. 7 – Associação de uma propriedade de animação ou exibição a um valor de TAG.

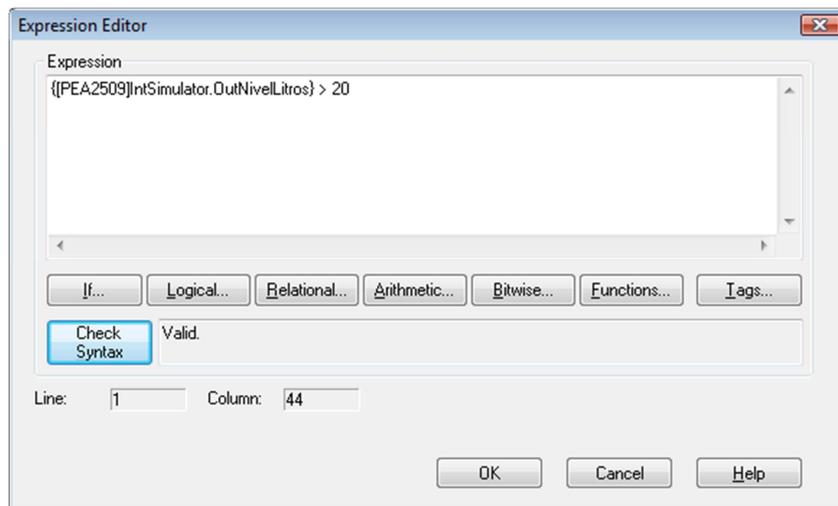


Fig. 8 – Associação de uma propriedade de animação ou exibição a um valor de TAG.

Os elementos gráficos criados devem ser associados aos respectivos TAGs da aplicação através de associação direta ou expressões lógicas e aritméticas.

2.4.5. Requisitos da tela de análise de temperatura

Nessa tela devem constar no mínimo os seguintes elementos visuais:

- Sinalizadores coloridos para o estado da válvula de vapor;
- Campos numéricos para o *setpoint* de temperatura e para o *feedback* de temperatura do

reator;

- Um gráfico do tipo “Trend”, com as seguintes “penas” (“Pens”): temperatura do reator, *setpoint* de temperatura e estado da válvula de vapor. O gráfico deve ter até 150 segundos de período (“Time Span”), com escalas apropriadas para cada grandeza (temperaturas entre 0 a 300 graus e estado de 0 a 1);
- Botão de navegação para retornar à página principal;
- Campos de texto com legendas para o nome da janela e dos sinalizadores apresentados.

G) Tarefa para o relatório: Apresente a tela desenvolvida em seu relatório.

Teste as telas localmente no FactoryTalk View e, mais tarde, crie a aplicação para transferência à IHM para teste no PanelView.

2.4.6. Requisitos da tela de análise de admissão/saída de reagentes

Nessa tela devem constar no mínimo os seguintes elementos visuais:

- Sinalizadores coloridos para o estado das válvulas de entrada e saída de reagentes;
- Medidores do tipo “Gauge”, com o fluxo de vazão de cada válvula;
- Uma barra “Bar Graph” vertical com o volume de reagente em litros presente no vaso;
- Um gráfico do tipo “Trend”, com penas para o volume em litros do reator, os estados das válvulas de reagente 1, reagente 2 e saída de mistura. Ajuste escalas e períodos.
- Botão de navegação para retornar à página principal;
- Campos de texto com legendas para o nome da janela e dos sinalizadores apresentados.

H) Tarefa para o relatório: Apresente a tela desenvolvida em seu relatório.

2.4.7. Tela de estatística de produção

Nessa tela devem constar campos numéricos com as seguintes informações de produção do reator:

- Campos de texto com legendas para o nome da janela e dos mostradores apresentados;
- Botão para navegação à tela principal;
- Mostradores do tipo “Numeric Display”, com as informações de:
 - Volume total produzido pelo reator em litros;
 - Número de ciclos de trabalho do reator;
 - Tempo total de operação do reator.

Atenção: as TAGs do CP necessárias para alimentação dessas informações à IHM do supervísório devem ser criadas no CP através de lógicas pertinentes em algum dos programas do controlador.

Sugere-se a adoção de TAGs do tipo REAL, com contadores posicionados em pontos estratégicos dos

programas ou tarefas, para contabilizar essa informação. Seria importante que essas TAGs fossem configuradas em memória não volátil do CP.

- I) **Tarefa para o relatório:** Apresente a tela desenvolvida em seu relatório e as lógicas criadas no CP para produção dessas informações.

2.5. Alertas e alarmes na IHM

Na árvore principal do projeto no FactoryTalk View, existe um recurso de gerência de alarmes e alertas, na opção “Alarm Setup”, como mostrado na Fig. 9.

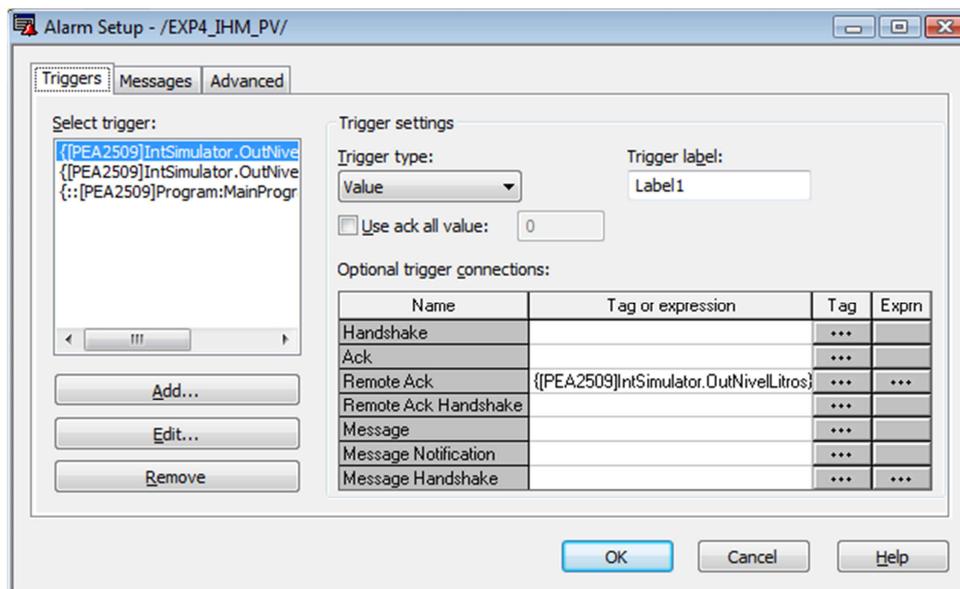


Fig. 9 – Configuração de alarmes.

- J) **Tarefa para o relatório:** Explique as diferenças conceituais entre Alarmes e Alertas no relatório.
- K) **Tarefa para o relatório:** Cite brevemente os recursos e opções que podem ser configuradas na janela “Alarm Setup”.

Na tela mostrada na Fig. 9 devem ser configurados alertas e alarmes com base em condições importantes para o monitoramento da operação do reator. Descubra com criar esses alertas e alarmes e associar os mesmos a mensagens que serão mostradas na IHM. É importante notar que o alerta/alarme é lançado no sistema com base em uma pré-condição configurável; e seu reconhecimento ou remoção da lista de alertas é realizado por meio de um mecanismo do tipo “Remote Ack”.

2.5.1. Alertas

Todos os alertas serão exibidos na IHM PanelView na janela popup de Alarmes, mas com o fundo das mensagens em azul escuro. Os alertas devem ser mostrados para as seguintes circunstâncias:

- Volume do reator acima de 495 litros, com a mensagem “Alerta: capacidade máxima atingida”. O alerta deve ser removido automaticamente caso o volume caia para um valor inferior a 200 litros;
- Volume do reator abaixo de 6 litros, com a mensagem “Alerta: reator vazio”. O alerta deve ser removido automaticamente caso o volume seja superior a 10 litros;
- Após o fim da operação de agitação, enquanto estiver no estado de espera pela retirada do tambor, com a mensagem “Alerta: tambor cheio aguardando retirada”. O alerta deve ser reconhecido automaticamente após a retirada do tambor;

2.6. Alarmes na IHM

Todos os alarmes serão exibidos na IHM PanelView na janela popup de Alarmes, mas com o fundo das mensagens em vermelho escuro. Os alarmes devem ser mostrados para as seguintes circunstâncias:

- Estados inválidos das bóias 1, 2 e 3, com a mensagem “Alarme: Problema nos sensores das bóias”. O alarme deve ser removido automaticamente caso os estados das bóias estejam dentro dos valores esperados. Altere a lógica do CP para que seja possível simular um dos estados de falha para as bóias
- Tempo excedente durante a etapa de aquecimento pré-agitação, superior a 5 segundos, com a mensagem “Alarme: Vapor com baixa temperatura”. O alarme deve ser removido automaticamente caso a temperatura do reator atinja seu valor esperado de operação naquele estado.

3. Atividades para execução do relatório

Os pontos enumerados, ‘A’, ‘B’, ‘C’, etc. apresentados ao longo do texto devem constar no relatório da experiência, assim como os seguintes itens:

- Data, nome dos integrantes e número da bancada.
- Captura das telas, contendo os códigos e informações desenvolvidos durante o experimento;
- Comentários sobre o funcionamento da planta e dos algoritmos implementados;
- Possíveis pontos a serem melhorados na estratégia de monitoramento e supervisão;
- Conclusões sobre o experimento;

4. Bibliografia

Automation, R. (Novembro de 2012). *Manuais de usuário e de referência para programação no RSLogix 5000*. Acesso em Novembro de 2012, disponível em RSLogix Software:

<http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/design/rslogix5000/>

Bradley, A. (Novembro de 2012). *Manuais de usuário e de referência para os controladores CompactLogix série 1769*. Acesso em Novembro de 2012, disponível em Allen Bradley Homepage:

<http://ab.rockwellautomation.com/Programmable-Controllers/CompactLogix>

Ogata, K. (2011). *Engenharia de Controle Moderno*. São Paulo: Pearson Educations.