

# Arquitetura Aplicada na Automatização de Processo de Tratamento Químico para Preparar Superfícies Metálicas

Francisco Carlos Parquet Bizarria<sup>1,2</sup>

José Walter Parquet Bizarria<sup>1</sup>

José Fábio Rodrigues da Silva<sup>1</sup>

bizarriafcpb@iae.cta.br

jwpbiz@gmail.com

jfrsilva@yahoo.com.br

1 Universidade de Taubaté (UNITAU), Departamento de Engenharia Mecânica - Taubaté, SP, Brasil

2 Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), Divisão de Eletrônica (AEL) – São José dos Campos, SP, Brasil

## RESUMO

*Uma empresa nacional utiliza o tratamento químico para preparar superfícies na primeira etapa do processo que efetua o revestimento e acabamento de peças metálicas que são integradas nos conjuntos de atuadores hidráulicos e/ou pneumáticos. Esse processo não está automatizado, configurando situação que expõem os operadores à condição de estresse físico e a presença de atmosfera insalubre. A continuidade dessa situação pode afetar a integridade física desses operadores, comprometer a qualidade das peças submetidas ao tratamento e trazer prejuízos para a empresa. Nesse contexto, esse trabalho apresenta uma proposta de arquitetura para automatizar a etapa de tratamento químico para preparar superfícies de peças usinadas. Essa arquitetura é baseada em sistema de supervisão, controlador, sensores e atuadores disponíveis no mercado nacional. Os resultados satisfatórios observados nos testes realizados com a primeira versão do protótipo representativo dessa arquitetura mostram que essa proposta é viável e capaz de atender a finalidade para a qual a mesma é destinada.*

Palavras-Chave: Processo Químico; Tratamento de Superfície; Automatização de Sistema.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente uma empresa nacional de médio porte utiliza o tratamento químico para preparar superfícies na primeira etapa do processo que efetua o revestimento e acabamento de peças metálicas que são integradas nos conjuntos de atuadores hidráulicos e/ou pneumáticos. Esse processo não está automatizado, configurando uma situação que expõem os operadores que participam dessa etapa a: i) condição de estresse físico por realização continuada e repetitiva de atividades, e ii) presença de atmosfera insalubre por contato físico e inalação de elementos químicos presentes nos banhos de tratamentos. A continuidade dessa situação tem potencial suficiente para afetar principalmente a integridade física desses operadores, comprometer a qualidade das peças submetidas ao mencionado tratamento e trazer prejuízos para a aludida empresa. Nesse contexto, esse trabalho apresenta uma proposta de arquitetura para automatizar a etapa de tratamento químico para preparar superfícies de peças usinadas. Essa arquitetura é baseada em sistema de supervisão, controlador, sensores e atuadores disponíveis no mercado nacional, com a meta de favorecer, sobretudo, a utilização de *hardware* padronizado e *software* que possibilite a realização de alterações em ambiente integrado de desenvolvimento.

## 2. OBJETIVOS DO TRABALHO

Propor uma arquitetura para automatizar o processo de tratamento químico que é utilizado na preparação de superfícies de peças metálicas usinadas e, apresentar os primeiros

resultados obtidos nos testes efetuados com o protótipo que adota os elementos básicos previstos na aludida arquitetura.

### 3. ARQUITETURA PROPOSTA

Os principais componentes representativos da arquitetura proposta neste trabalho para um sistema automatizar o processo de tratamento químico que é utilizado para preparar superfícies de peças metálicas usinadas são mostrados na Figura 1.

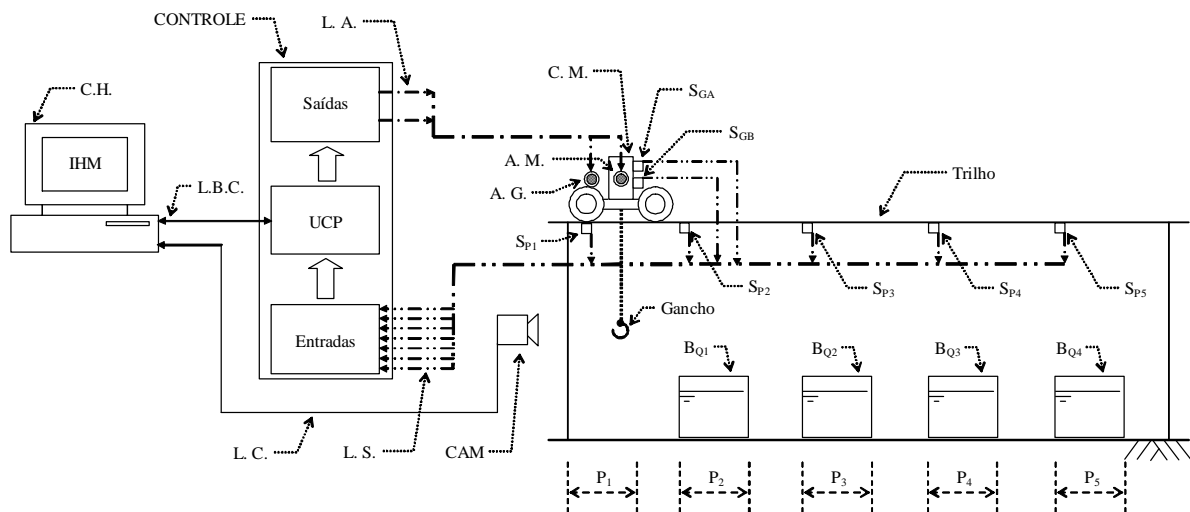


Figura 1: Componentes da arquitetura proposta.

A função do bloco intitulado por CONTROLE, apresentado na Figura 1, pode ser executada por um Controlador Lógico Programável (CLP), pois esse sistema tem capacidade de operar com Entradas e Saídas, digitais e/ou analógicas, que atendem vasta faixa de amplitude de sinais elétricos (MIYAGI, 1996). Na memória destinada ao módulo da Unidade Central de Processamento (UCP) é instalado o programa que efetua o gerenciamento de atividades previstas para a operação da arquitetura proposta (ROSÁRIO, 2005). Esse programa executará as tarefas para preparar superfícies metálicas de acordo com: i) o modo de funcionamento selecionado pelo operador do sistema, ii) as seqüências de imersões previstas no processo, e iii) os tempos parametrizados para as realizações dos banhos de tratamentos químicos.

As Entradas digitais do bloco de CONTROLE são isoladas de modo galvânico e dedicadas para receberem informações dos sensores  $S_{p1}$ ,  $S_{p2}$ ,  $S_{p3}$ ,  $S_{p4}$ ,  $S_{p5}$ ,  $S_{GA}$ , e  $S_{GB}$ , os quais estão relacionados respectivamente com as indicações de posições (THOMAZINI & ALBUQUERQUE, 2009): i)  $P_1$ , inserção e retirada de peça na fase de tratamento químico para preparação de superfícies, ii)  $P_2$ , banho ( $B_{Q1}$ ) para a retirada de resíduos, iii)  $P_3$ , banho ( $B_{Q2}$ ) de limpeza de superfície, iv)  $P_4$ , banho ( $B_{Q3}$ ) de primeira preparação química de superfície, v)  $P_5$ , banho ( $B_{Q4}$ ) de segunda preparação química de superfície, vi) Posição alta para o gancho ( $S_{GA}$ ) do carro de movimentação de peças (C.M.), e vii) Posição baixa para o gancho ( $S_{GB}$ ) do carro de movimentação de peças (C.M.).

O conjunto formado pelas linhas de sensores (L.S.) é utilizado como meio físico para transportar os sinais gerados pelos sensores  $S_{p1}$ ,  $S_{p2}$ ,  $S_{p3}$ ,  $S_{p4}$ ,  $S_{p5}$ ,  $S_{GA}$ , e  $S_{GB}$ , para as entradas do bloco de CONTROLE.

As Saídas digitais do bloco de CONTROLE também são isoladas de modo galvânico e geram os sinais elétricos que acionam as bobinas dos relés que realizam: i) a descida ( $A_{GB}$ ) e subida ( $A_{GA}$ ) do gancho (A.G.), e ii) o movimento de avanço ( $A_{MA}$ ) e recuo ( $A_{MR}$ ) do carro de movimentação de peças (C.M.), conforme os passos previstos no algoritmo do sistema de gerenciamento de atividades.

O conjunto formado pelas linhas de atuadores (L.A.) é utilizado como meio físico para transportar os sinais gerados pelas saídas digitais do bloco de CONTROLE para o atuador do gancho (A.G.) e de movimentação (A.M.) instalados no carro de movimentação de peças (C.M.).

As principais funções do computador hospedeiro (C.H.) estão concentradas em abrigar a Interface Homem-Máquina (IHM) do sistema (SILVEIRA, 2002), receber os sinais oriundos da câmera de supervisão de área (CAM) e participar da transmissão e recepção de informações relacionadas com o programa instalado no bloco de CONTROLE.

A linha da câmera (L.C.) e linha bidirecional de comunicação (L.B.C.) são os meios físicos que transportam os sinais relacionados com as imagens supervisionadas no processo, comando e supervisão da arquitetura.

#### 4. PROTÓTIPO

Uma vista dos módulos previstos no protótipo que foi construído para representar o sistema com arquitetura capaz de automatizar o processo de tratamento químico que é utilizado para preparar superfícies de peças metálicas usinadas é apresentado na Figura 2. Nesse protótipo foram realizados os testes para validar os principais blocos da arquitetura proposta neste trabalho, a qual está representada na Figura 1.

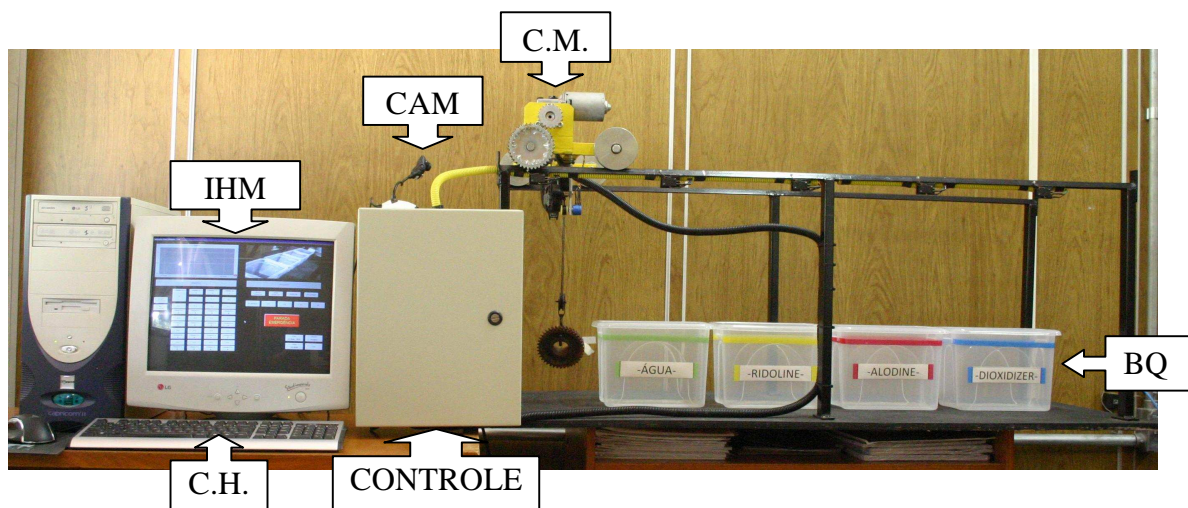


Figura 2: Vista do protótipo.

Conforme mostrado na Figura 2, os principais módulos previstos nessa primeira versão do protótipo são: computador hospedeiro (C.H.), interface homem-máquina (IHM), CONTROLE, carro de movimentação (C.M.), câmera para supervisão (CAM) e recipientes representativos dos banhos químicos (BQ).

No módulo denominado CONTROLE está presente: i) Controlador Lógico Programável (CLP), ii) periféricos que atuam como isoladores galvânicos para as entradas e saídas do controlador, iii) circuito de parametrização e detecção de altura máxima e mínima do gancho instalado no carro de movimentação (C.M.), e iv) fonte de suprimento de energia para os atuadores do controlador.

A interface homem-máquina (IHM) está alojada na camada do aplicativo do computador hospedeiro (C.H.) que foi utilizado nos testes práticos. Essa interface foi elaborada com recursos para permitir que o operador do sistema efetue o acionamento remoto do carro de movimentação (C.M.) e do gancho de transporte de peças de dois modos distintos, ou seja, Modo Programado e Modo Local.

No Modo Local o operador deve acionar os componentes virtuais da interface para realizar: i) avanço e retorno do carro de movimentação (C.M.), ii) elevação e abaixamento do gancho de transporte de peças, e iii) deslocar o carro de movimentação (C.M.) para as posições P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub>, anteriormente mencionadas.

No Modo Programado o operador deve: i) definir na interface gráfica uma entre as possíveis seqüências de banhos que deseja realizar, ii) efetuar a parametrização dos tempos de tratamento para cada posição de banho químico, e iii) acionar o comando para realizar automaticamente a seqüência definida pelo operador.

Independente do modo escolhido pelo operador para utilizar a arquitetura do sistema de tratamento químico para preparar superfícies metálicas, é possível supervisionar as imagens reais dos deslocamentos efetuados pelo carro de movimentação (C.M.) e do gancho de transporte de peças, por meio de componente dedicado na interface gráfica que utiliza os sinais gerados por uma câmara (CAM) instalada com visada estratégica para os recipientes de banhos químicos.

#### 4.1. ESQUEMA DE LIGAÇÕES

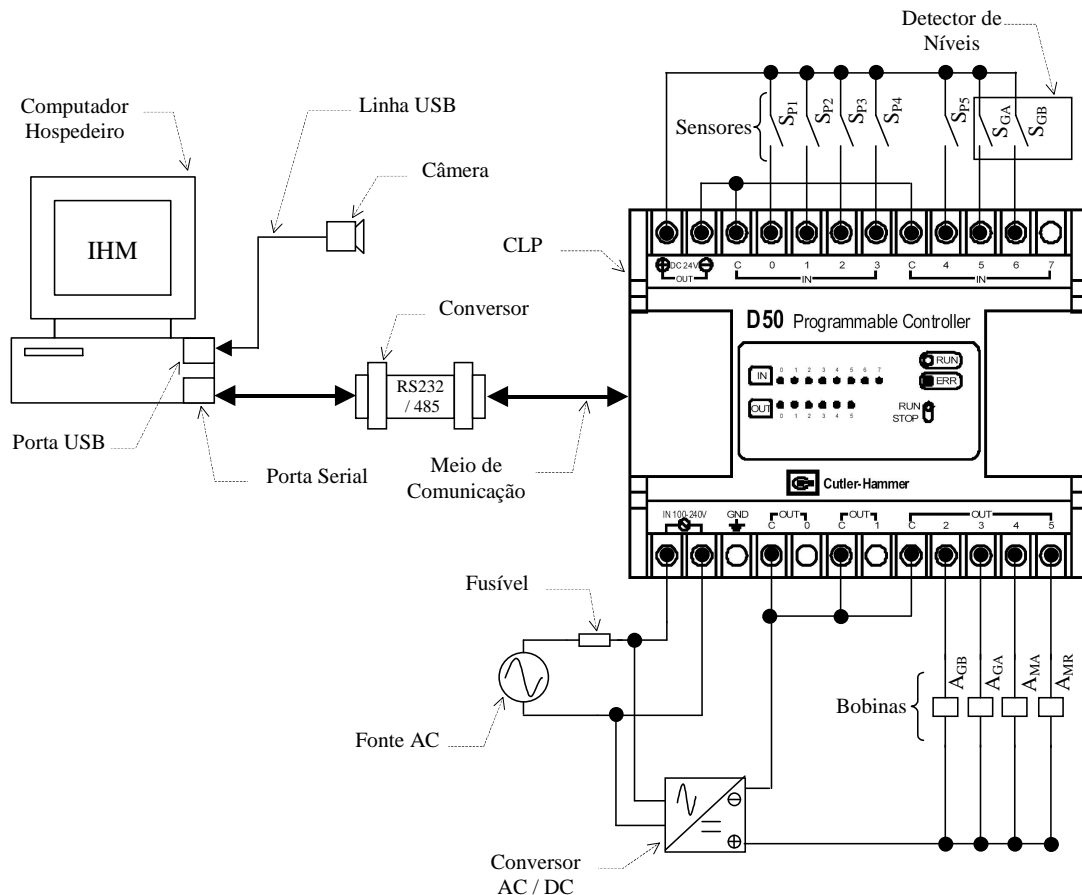
O esquema de ligações adotado na primeira versão do protótipo que foi elaborado para representar a arquitetura proposta para automatizar o processo de tratamento químico para preparar superfícies metálicas é apresentado na Figura 3.

Além dos blocos mencionados na arquitetura proposta neste trabalho, podem ser observados nesta figura os seguintes elementos: Detector de Níveis, Conversor (RS232/485), Fonte AC e Conversor AC/DC.

O Detector de Níveis é um módulo acoplado ao atuador do guincho para converter o sinal analógico de posição do gancho para sinais digitais relacionados com a posição de gancho baixo (S<sub>GB</sub>) e de gancho alto (S<sub>GA</sub>). Nesse módulo também é possível efetuar a regulação da cota de nível baixo e alto por meio de ajustes em potenciômetros dedicados para esses fins.

O Conversor (RS232/485) é utilizado para adequar o padrão de comunicação do nível físico do Controlador Lógico Programável (CLP) com aquele utilizado pelo Computador Hospedeiro.

A fonte AC e o Fusível representam respectivamente a tensão, em corrente alternada, com os padrões de fornecimento estabelecidos pela concessionária de energia elétrica local e o dispositivo de proteção contra as sobrecorrentes para a linha de alimentação.



**Figura 3:** Esquema de ligações do protótipo.

O Conversor AC/DC é responsável por converter a tensão, em corrente alternada, para valor contínuo capaz de atender as bobinas dos relés acionadores do carro de movimentação (C.M.) e do guincho.

#### 4.2. PROGRAMA DE GERENCIAMENTO

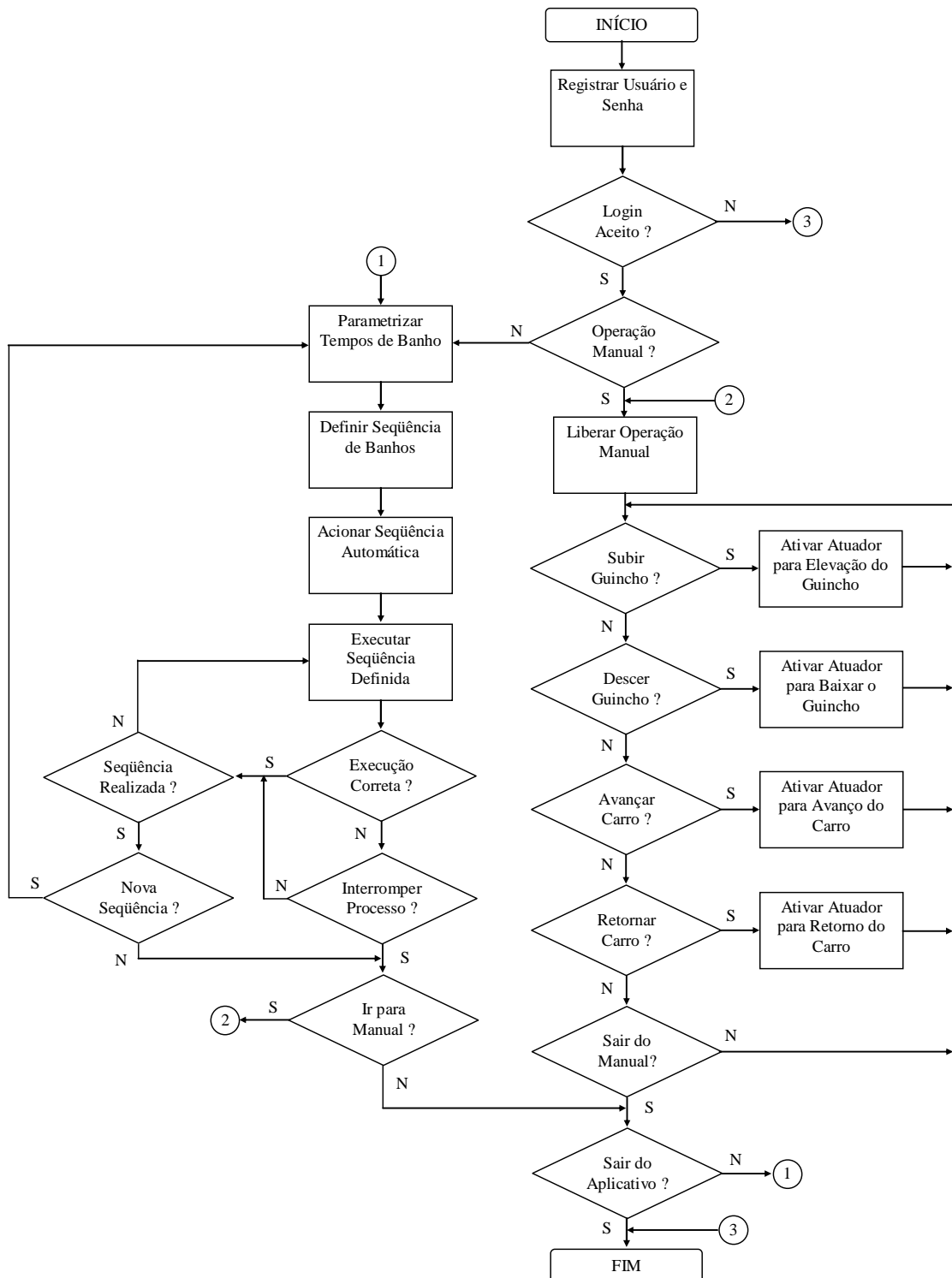
O programa de gerenciamento de informações da arquitetura proposta neste trabalho foi elaborado para atender dois principais modos de operação, ou seja, Modo Local e Modo Automático.

Na operação em Modo Local o objetivo está concentrado em determinar a seqüência e os tempos de imersão que devem ser utilizados pelo processo para obter o melhor resultado com o tratamento químico para preparar superfícies metálicas. O programa de gerenciamento de informações para atender esse modo de operação possui rotinas que permitem ao operador comandar especificamente o deslocamento do carro de movimentação (C.M.) ou a mudança de cota do gancho.

Com a definição da seqüência e dos tempos de imersão obtidos no Modo Local é possível realizar o conjunto de parametrização necessário para utilizar os serviços do Modo Automático. O programa de gerenciamento realiza esses serviços por meio de rotinas que executam automaticamente a seqüência e os tempos de imersão parametrizados, não exigindo a intervenção direta do operador. Durante a realização automática do processo de tratamento químico para preparação de superfícies metálicas, é possível supervisionar as imagens reais de deslocamentos efetuados pelo carro de movimentação (C.M.) e do gancho de transporte de

peças, por meio de componente dedicado na interface gráfica que utiliza os sinais gerados por uma câmara (CAM) que está instalada no sistema e por um gráfico de tendências que mostra a atual fase do processo em execução.

O fluxograma analítico que representa uma seqüência específica de ações previstas nesse programa de gerenciamento, a qual foi utilizada na realização dos ensaios práticos deste trabalho é apresentado na Figura 4.

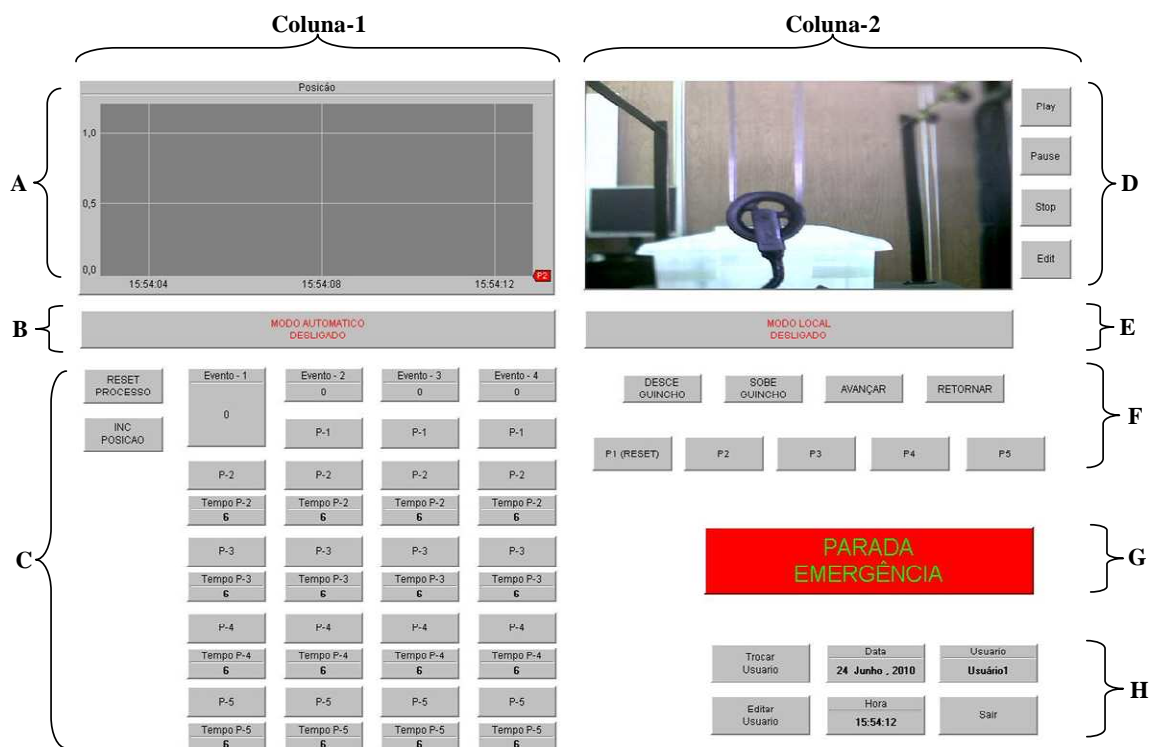


**Figura 4:** Fluxograma analítico de operação.

### 4.3. INTERFACE GRÁFICA

A principal função da Interface Homem-Máquina (IHM) está concentrada em servir de meio para o operador comandar, programar e supervisionar as operações relacionadas com a arquitetura do processo de tratamento químico para preparar superfícies metálicas. Essa interface foi elaborada com a utilização de um sistema de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados (*Supervisory Control And Data Acquisition - SCADA*) disponível no mercado brasileiro, (ELIPSE WINDOWS, 2006). A janela principal de operação dessa interface é mostrada na Figura 5. O operador para ter acesso aos serviços previstos nessa janela tem que se identificar por meio de senha de usuário.

Nessa janela pode ser observada a existência de duas colunas (Coluna 1 e 2) que possuem botões e sinalizações necessárias para a operação do sistema.



**Figura 5:** Janela principal de operação da interface.

Na **Coluna-1**, da Figura 5, estão previstos os componentes gráficos que permitem ao operador identificar a posição do carro de movimentação (A), utilizar a operação em Modo Automático (B), parametrizar os tempos de tratamento de superfície (C, Tempo P-2, P-3, P-4 e P-5) e programar a seqüência de banhos para o processo automático (C, P-1, P-2, P-3, P-4 e P-5)

As informações relacionadas com os atuais estados dos sensores de posição dos banhos (Sp1, Sp2, Sp3, Sp4 e Sp5) são apresentadas no gráfico de tendências (A) para que operador possa acompanhar os deslocamentos realizados pelo carro de movimentação de peça ao longo do tempo.

A ativação do botão de operação em Modo Automático (B) permite o acesso aos recursos de programação de eventos, além de ocultar o conjunto de botões para operação em Modo Local (E e F).

No conjunto de componentes gráficos de programação de eventos estão previstos campos para a parametrização dos tempos de tratamento (**C**, Tempo P-2, P-3, P-4 e P-5), programação da seqüência de banhos (**C**, P-1, P-2, P-3, P-4 e P-5), iniciação do processo automático (**C**, INC POSIÇÃO), supervisão de tempos de banho (**C**, Evento-1, 2, 3 e 4) e reprogramação (**C**, RESET PROCESSO).

Na **Coluna-2**, da Figura 5, estão previstos os componentes gráficos que permitem ao operador supervisionar as imagens reais do processo (**D**), ativar a operação em Modo Local (**E**), posicionar o carro de movimentação e mudar a cota do gancho (**F**), paralisar a operação do sistema (**G**) e usar os serviços de utilidades do sistema (**H**).

No conjunto de componentes de supervisão das imagens reais do processo estão presentes botões para ativar o modo de apresentação contínua de imagens (**D**, Play), paralisar a imagem (**D**, Pause), interromper a apresentação de imagem (**D**, Stop) e configurar os padrões de visualização de imagens (**D**, Edit).

A ativação do botão de operação em Modo Local (**E**) permite o acesso aos recursos de posicionamento do carro de movimentação (**F**, AVANÇAR, RETORNAR, P-1, P-2, P-3, P-4 e P-5) e mudança da cota do gancho (**F**, DESCE GANCHO e SOBE GANCHO), além de ocultar o conjunto de botões para operação em Modo Automático (**B** e **C**).

A paralisação das operações do sistema pode ser ativada em qualquer momento por meio de botão dedicado para esse fim (**G**, PARADA EMERGÊNCIA). Esse recurso bloqueia as operações dos atuadores do carro de movimentação e gancho, desativa o Modo Automático ou Modo Local e sinaliza condição de não conformidade no sistema.

No conjunto de componentes que permitem acesso aos serviços de utilidades do sistema estão previstos campos para identificar o usuário (**H**, Usuário), apresentar data (**H**, Data), mostrar hora (**H**, Hora), mudar de usuário (**H**, Trocar Usuário), configurar conta para usuário (**H**, Editar Usuário) e sair do sistema (**H**, Sair).

#### 4.4. TESTES PRÁTICOS

Na realização dos testes práticos, necessários para validar a arquitetura proposta neste trabalho, foi implementado o esquema de ligações apresentado na Figura 3 e elaborado um programa para o Controlador Lógico Programável (CLP), em linguagem ladder, capaz de atender as ações contidas no fluxograma analítico mostrado na Figura 4.

A execução dos testes foi dividida em duas etapas, sendo que na primeira foram avaliados diretamente os recursos relacionados com o Modo Local de operação. Na segunda etapa foram efetuadas preliminarmente as parametrizações de tempos e programações de posições que são exigidas pelo Modo Automático de operação para, em seguida, efetuar as execuções automáticas de seqüências de banho químico.

### 5. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados satisfatórios observados nos ensaios práticos, realizados com a primeira versão de protótipo representativo da aludida arquitetura, mostram que a proposta apresentada neste trabalho é viável e pode ser levado a efeito para a aplicação a qual se destina.

Os objetivos previstos para esta fase do trabalho foram alcançados, principalmente no que concerne a operação em Modo Automático.

Na montagem do protótipo foi utilizado, exclusivamente, sistema de supervisão, controlador lógico programável e sensores, disponíveis no mercado nacional, situação que



minimiza custo de implantação e manutenção, além de facilitar a execução de alterações no sistema.

## **6. REFERÊNCIAS**

**ELIPSE WINDOWS.** Sistema de Supervisão e Controle - Elipse Software Manual do Usuário, 2006.

**MIYAGI, P. E.** Controle Programável – Fundamentos do Controle de Sistemas a Eventos Discretos. Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, Brasil, 1996.

**ROSÁRIO, J. M.** Princípios de Mecatrônica. Editora Person Prentice Hall, São Paulo, Brasil, 2005.

**SILVEIRA, P. R.** Automação e Controle Discreto. 4ª Edição - Érica, São Paulo, Brasil, 2002.

**THOMAZINI, D. & ALBUQUERQUE, P. U. B.** Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações. 6ª Edição - Érica, São Paulo, Brasil, 2009.