

# Interface Gráfica Aplicada no Autoteste de Robô Manipulador Pneumático com Três Eixos

**Francisco Carlos Parquet Bizarria**  
bizarriafeb@iae.cta.br  
IAE

**José Walter Parquet Bizarria**  
jwpbiz@gmail.com  
UNITAU

**Fernando Salles Claro**  
fsclaro@gmail.com  
UNITAU

**Flávio Casimiro Nascimento**  
flaviocasimiro12@gmail.com  
UNITAU

**Resumo:** Atualmente as indústrias investem na automatização de suas linhas para atenderem as variações das demandas produtivas que são impostas pelos mercados consumidores e, também, manterem padrões adequados de qualidade, perdas na produção, tempos de fabricação, custos e flexibilidade. Visando atender esse conjunto de requisitos são instaladas células de produção, equipadas com robôs manipuladores, em pontos específicos dessas linhas de fabricação. Decorrente da importância que o sistema robótico exerce na operação dessas células é vantajoso que o mesmo seja submetido a uma sequência de testes para estimar a integridade operacional, antes da sua plena utilização na produção. Neste contexto, este trabalho apresenta uma proposta de interface gráfica para ser integrada na arquitetura física que controla a operação de um robô manipulador, pneumático, cartesiano e com três eixos, a fim de servir como meio para o usuário do sistema realizar o autoteste de avaliação operacional preliminar de sensores e atuadores que estão presentes nesse robô. A eficácia dos componentes da interface gráfica é validada por meio de testes que são realizados em protótipo, sendo que os resultados positivos observados nesses testes indicam que a proposta apresentada neste trabalho é adequada para a finalidade a qual se destina.

**Palavras Chave:** Interface Gráfica - Autoteste - Robô Manipulador - Automação -

## **1. INTRODUÇÃO**

O atual cenário que é determinado pela economia globalizada estabelece uma condição na qual as indústrias têm que investir na automatização de suas linhas para atenderem, principalmente, as variações sazonais das demandas produtivas que são impostas pelos mercados consumidores e, também, manterem padrões adequados de qualidade, perdas na produção, tempos de fabricação, custos e flexibilidade, além de minimizar a utilização da mão de obra humana e/ou animal em tarefas repetitivas e/ou ambientes que são insalubres e/ou perigosos (ROSÁRIO, 2005).

Visando atender esse conjunto de requisitos se faz necessário instalar células de produção, usualmente equipadas com robôs manipuladores, em pontos específicos dessas linhas de fabricação. Decorrente das características operacionais especificadas e projetadas para o funcionamento de cada uma dessas células é necessário que nos seus leiautes sejam instalados sistemas para fornecer matéria-prima, executar o processo e transportar o produto em fase de montagem ou acabado para o estágio seguinte previsto no fluxo de fabricação. O robô manipulador é um exemplo típico de sistema que é utilizado na realização de diversificados tipos de tarefas em células flexíveis de produção (GROOVER, 2011).

Decorrente da importância que o sistema robótico exerce na operação dessas células é vantajoso, especialmente com relação à disponibilidade, que o mesmo seja submetido a uma sequência de testes para estimar a integridade operacional, antes da sua plena utilização na linha de produção. Neste contexto, este trabalho apresenta uma proposta de interface gráfica para ser integrada na arquitetura física que efetua o controle operacional de um robô manipulador, pneumático, cartesiano e com três eixos, a fim de servir como meio para o usuário do sistema realizar o autoteste de avaliação operacional preliminar de sensores e atuadores que estão presentes nesse robô. A eficácia dos recursos contidos nessa interface gráfica é validada por meio de testes que são realizados em protótipo desenvolvido para essa finalidade.

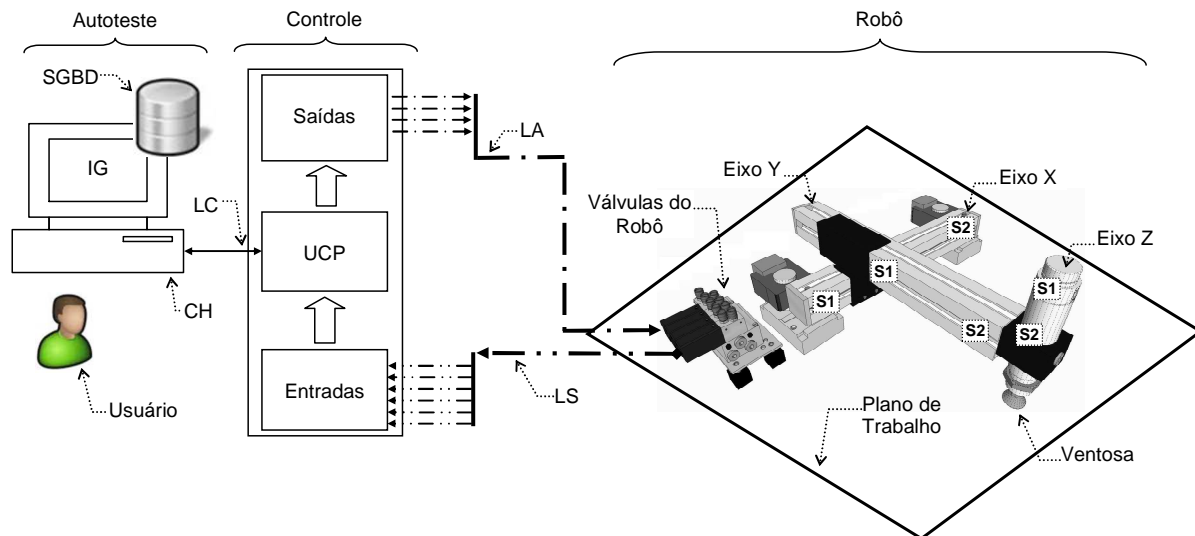
## **2. OBJETIVOS DO TRABALHO**

Este trabalho tem como principal meta apresentar uma proposta de interface gráfica provida com recursos para um usuário realizar o autoteste de avaliação operacional preliminar de sensores e atuadores que estão presentes em um robô manipulador, pneumático, cartesiano e com três eixos, de modo integrado com a arquitetura física que foi prevista no controle de operação desse sistema.

Apresentar os resultados obtidos nos testes de validação dos recursos da interface gráfica proposta, os quais foram realizados com protótipo que adota as mesmas camadas que estão estabelecidas na referida arquitetura de controle.

## **3. ARQUITETURA DE CONTROLE E AUTOTESTE**

Os principais componentes contidos na arquitetura de controle que é utilizada para integrar a Interface Gráfica (IG), proposta neste trabalho, para realizar o autoteste de um robô manipulador, pneumático, cartesiano e com três eixos, são mostrados na Figura 1.



**Figura 1:** Componentes da arquitetura de controle e autoteste do robô.

O bloco denominado Autoteste, representado na Figura 1, concentra os principais meios lógicos que são necessários para o Usuário do sistema realizar o autoteste de avaliação operacional preliminar de sensores e atuadores que estão presentes no Robô. As partes mais destacadas que estão previstas nesse bloco são denominadas: i) Interface Gráfica (IG) e ii) Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD).

A Interface Gráfica (IG) possui janelas dedicadas e com os recursos virtuais indispensáveis para o usuário: i) efetuar a parametrização de valores que são considerados como referência na execução do autoteste, ii) comandar o acionamento das rotinas de autoteste, e, iii) supervisionar as mudanças das principais variáveis consideradas na realização do autoteste.

O Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) está estruturado para: i) reter as informações parametrizadas pelo usuário, ii) fornecer históricos de valores parametrizados, iii) apresentar data de validade do autoteste, e, iv) enviar e receber as informações sobre o autoteste do Robô para o bloco de Controle.

O Computador Hospedeiro (CH) tem a função de abrigar, na camada do aplicativo, a Interface Gráfica (IG) e o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), além de conter os meios que permitem a comunicação de dados com o bloco de Controle (SILVEIRA, 2010). O meio físico estabelecido para efetuar essa comunicação é denominado por Linha de Comunicação de Dados (LC), o qual opera com protocolo probabilístico e de modo bidirecional.

O bloco denominado Controle, apresentado na Figura 1, efetua o gerenciamento do movimento que é desenvolvido pelo Eixo X, Eixo Y, Eixo Z e pela operação da Ventosa, no Plano de Trabalho, além de possuir meios para realizar a comunicação de dados com o bloco de Autoteste, e, os atuadores e sensores do bloco Robô. As funções desse bloco podem ser desempenhadas por um Controlador Lógico Programável (CLP), pois esse sistema tem a capacidade de operar com Entradas e Saídas, digitais e/ou analógicas, que atendem uma vasta faixa de amplitudes e frequências de sinais elétricos (MIYAGI, 1996).

Esse gerenciamento é realizado por meio de um programa que está, preliminarmente, instalado em espaço de memória dedicada para esse fim, e, que atende a Unidade Central de Processamento (UCP) do bloco de Controle (ROSÁRIO, 2005). Esse programa possui algoritmos específicos para executarem três funções básicas. A primeira função é destinada para comandar a atuação de solenoides instalados nas Válvulas do Robô (BONACORSO & NOLL, 2008), o que é realizado por meio de sinais elétricos que são aplicados pelas Saídas do

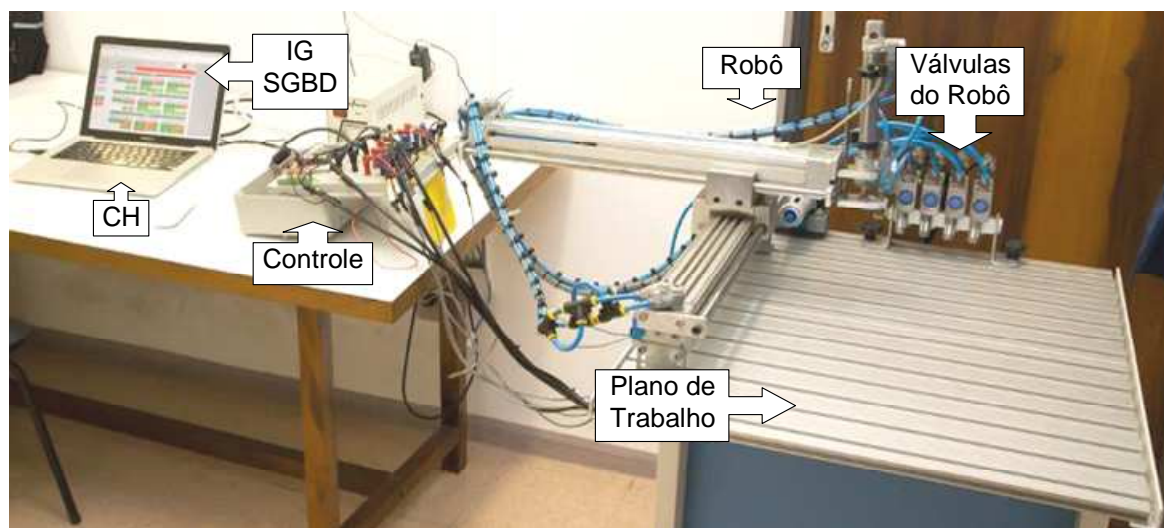
bloco de Controle. A segunda função é para receber os sinais elétricos de realimentação referentes aos atuais estados dos sensores que estão instalados nas proximidades das extremidades longitudinais dos atuadores pneumáticos (sensores S1 e S2 dos Eixos X, Y e Z), por meio das Entradas do bloco de Controle. A terceira função é reservada para gerar a base de tempo que é utilizada pelo bloco de Autoteste como referência na avaliação dos tempos de deslocamentos dos eixos atuadores do Robô.

O meio físico estabelecido para transportar os sinais elétricos gerados pelas Saídas do bloco de Controle até os solenoides que acionam as Válvulas do Robô e a Ventosa é denominado por Linhas de Atuadores (LA). Essas linhas operam de modo unidirecional, são munidas com separadores galvânicos e providas de proteção contra interferências eletromagnéticas de modo comum e de modo diferencial.

As Linhas de Sensores (LS) transportam os sinais elétricos que são gerados pelos sensores instalados nos atuadores dos eixos do Robô (sensores S1 e S2 dos Eixos X, Y e Z) até o módulo de Entradas do bloco de Controle (THOMAZINI & ALBUQUERQUE, 2009). Essas linhas também são unidirecionais, separadas galvanicamente e providas de proteção contra interferências eletromagnéticas de modo comum e de modo diferencial.

#### 4. PROTÓTIPO

A Figura 2 apresenta uma vista panorâmica dos módulos previstos no protótipo que foi montado para avaliar os recursos propostos na Interface Gráfica (IG), a qual é destinada para realizar o autoteste de avaliação operacional preliminar de sensores e atuadores que estão instalados em um robô manipulador, pneumático, cartesiano e com três eixos, de modo integrado com a sua arquitetura física de controle. Nesse protótipo foram realizados os testes para validar a eficácia operacional do sistema proposto neste trabalho, sendo dada especial atenção na elaboração, operação e avaliação dos recursos e componentes virtuais que estão contidos na Interface Gráfica (IG).



**Figura 2:** Vista do protótipo utilizado nos testes de validação.

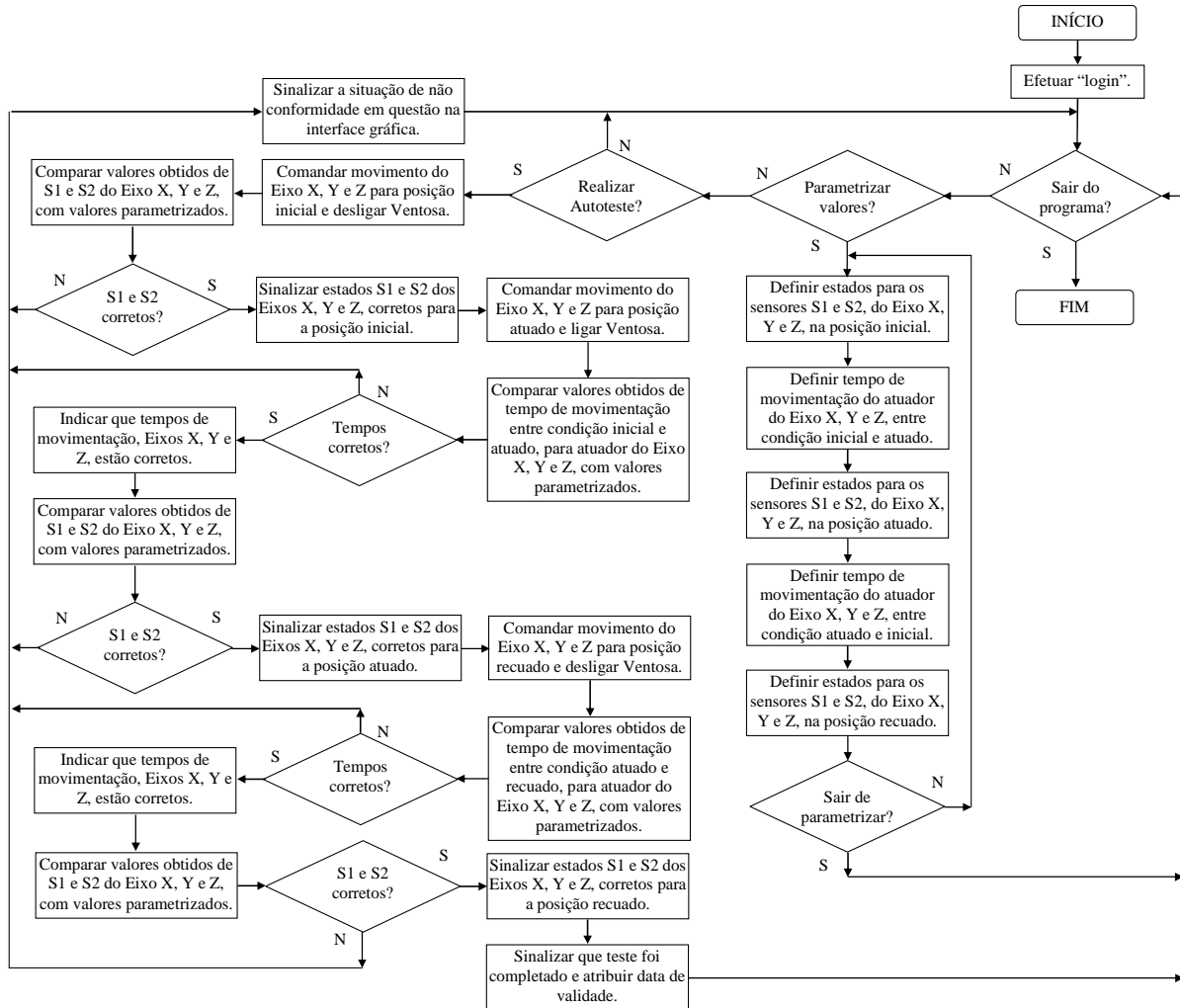
Conforme apresentado na Figura 2, o Computador Hospedeiro (CH) abriga a Interface Gráfica (IG) e o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) na camada do aplicativo, sendo que no protótipo foi utilizado um microcomputador do tipo portátil, arquitetura MACINTOSH® de 64 bits, com emulador para o sistema operacional Windows 7 de 32 bits.

A Interface Gráfica (IG) do protótipo foi elaborada com os recursos contidos no ambiente integrado de desenvolvimento de um sistema de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados que está disponível para aquisição no mercado nacional (ELIPSE SCADA, 2010).

No protótipo foi utilizado o MySQL Community Edition, versão 5.2, como Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), pois o mesmo é capaz de operar de modo associado com os recursos da Interface Gráfica (IG), além de permitir a sua programação por meio de *scripts* (CURIOSO, BRANDFORD & GALBRAINTH, 2010).

As funções do módulo de Controle no protótipo são executadas por um Controlador Lógico Programável (CLP), modelo DVP-SX2, da empresa DELTA (DELTA, 2013). Esse sistema tem a capacidade de gerar e receber os sinais, digitais e analógicos, relacionados com aqueles que são utilizados para efetuar o monitoramento de estados dos sensores instalados nos atuadores dos eixos do Robô (sensores S1 e S2 dos Eixos X, Y e Z), o acionamento dos solenoides das Válvulas do Robô que são responsáveis pela operação direta dos atuadores pneumáticos e da Ventosa, além de possuir meios físicos e lógicos para efetuar a comunicação com o Computador Hospedeiro (CH).

No desenvolvimento do protótipo foi elaborada uma versão do programa de gerenciamento do Robô para interagir com os principais recursos contidos nas janelas da Interface Gráfica (IG). Nesse sentido, o fluxograma analítico que representa uma sequência específica de ações previstas nesse programa de gerenciamento e que foi utilizada na realização dos testes práticos deste trabalho é apresentado na Figura 3.



**Figura 3:** Fluxograma analítico de autoteste do robô.

#### 4.1. JANELA DE PARAMETRIZAÇÃO

O Usuário do sistema para utilizar qualquer recurso que está contido nas janelas da Interface Gráfica (IG) deve, preliminarmente, efetuar o registro de usuário e senha (*login*) válida. Após atender essa condição de segurança é liberado o acesso para a Janela de Parametrização que é apresentada na Figura 4.

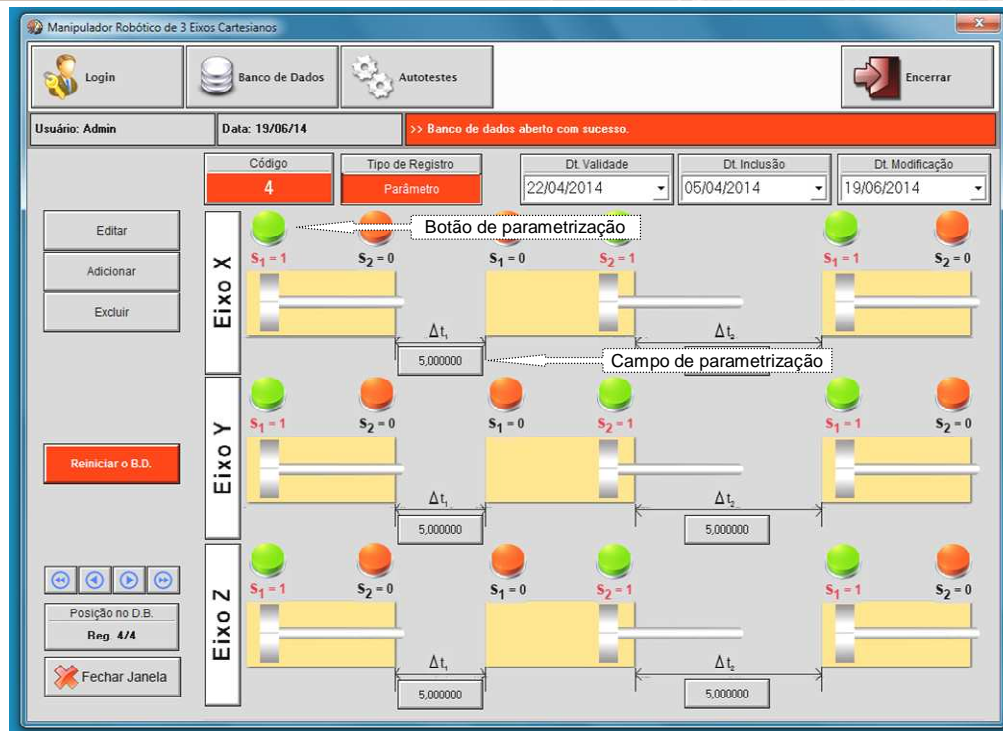


Figura 4: Janela de Parametrização.

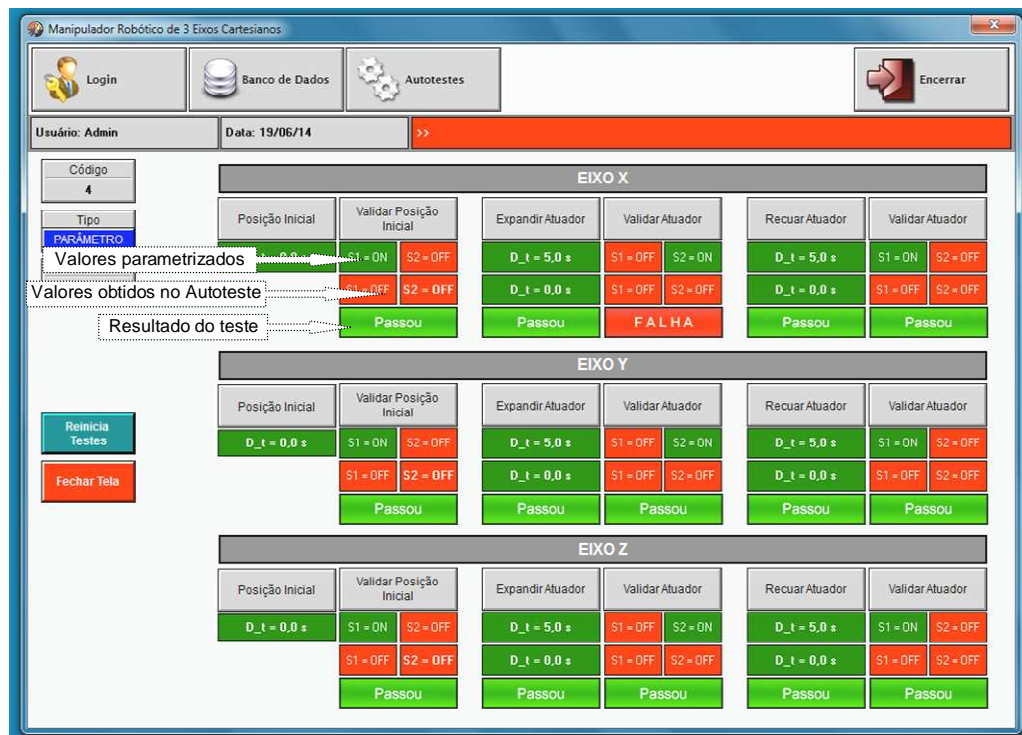
Na Janela de Parametrização, mostrada na Figura 4, estão presentes componentes virtuais vinculados diretamente com as variáveis e a estrutura adotada no Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), sendo que essa janela é o meio pelo qual o usuário define os seguintes campos relacionados com os valores de referência do Autoteste do Robô:

- Data de validade do Autoteste (“Dt. Validade”). Cabe mencionar que essa data somente poderá ser definida se for obtido êxito completo no teste de avaliação dos sensores instalados nos atuadores e nos seus respectivos tempos de movimentação.
- Valores que serão considerados como referências para os sensores S1 e S2, na posição inicial, do atuador do Eixo X, Y e Z, na fase de comparação. Nessa posição são tipicamente parametrizados:  $S1 = 1$  e  $S2 = 0$ .
- Valor que será considerado como referência de tempo (“ $\Delta t1$ ”) de movimentação entre a posição inicial e atuado, para o atuador do Eixo X, Y e Z, na fase de comparação. Esse valor de tempo pode variar em função do ajuste que for estabelecido na respectiva válvula que controla o fluxo para movimentar o êmbolo do atuador do Eixo X, Y e Z, desde a posição máxima retraída para a máxima expandida.
- Valores que serão considerados como referências para os sensores S1 e S2, na posição atuado, do atuador do Eixo X, Y e Z, na fase de comparação. Nessa posição são tipicamente parametrizados:  $S1 = 0$  e  $S2 = 1$ .
- Valor que será considerado como referência de tempo (“ $\Delta t2$ ”) de movimentação entre a posição atuado e inicial, para o atuador do Eixo X, Y e Z, na fase de comparação. Esse valor de tempo pode variar em função do ajuste que for estabelecido na respectiva válvula que controla o fluxo para movimentar o êmbolo do atuador do Eixo X, Y e Z, desde a posição máxima expandida para a máxima retraída.
- Valores que serão considerados como referências para os sensores S1 e S2, na posição recuo, do atuador do Eixo X, Y e Z, na fase de comparação. Nessa posição são tipicamente parametrizados:  $S1 = 1$  e  $S2 = 0$ .

Cabe mencionar que os valores de referência atribuídos na Janela de Parametrização, para os sensores (S1 e S2) e tempos de movimentação ( $\Delta t_1$  e  $\Delta t_2$ ), pelo Usuário do sistema, são obtidos por meio de medição e observação na operação de um robô análogo e sabidamente íntegro.

#### 4.2. JANELA DE AUTOTESTE

Do mesmo modo que é exigido para adentrar na Janela de Parametrização, o Usuário do sistema também deve efetuar o registro de usuário e senha válida para liberar o acesso à Janela de Autoteste, a qual é apresentada na Figura 5.



**Figura 5:** Janela de Autoteste.

Na Janela de Autoteste, mostrada na Figura 5, estão presentes recursos que permitem ao usuário comandar e/ou visualizar os seguintes componentes virtuais que estão relacionados com a fase de execução do Autoteste do Robô:

- Comandar o movimento do Eixo X, Y e Z para a posição inicial, por meio do botão “Posição Inicial”, relacionado com a guia denominada “EIXO X”, “EIXO Y” e “EIXO Z”. O acionamento desses botões provoca o disparo de rotina que movimentava o atuador do Eixo X, Y e Z, para o máximo retraído, além de desligar o fluxo de ar na Ventosa.
- Visualizar os valores de referência que foram parametrizados para os sensores S1 e S2 do atuador do Eixo X, Y e Z, para o máximo retraído.
- Visualizar os valores obtidos no Autoteste para os sensores S1 e S2 do atuador do Eixo X, Y e Z, para o máximo retraído.
- Validar os estados que foram obtidos com as movimentações dos atuadores dos Eixos X, Y e Z, para a posição inicial, por meio do botão “Validar Posição Inicial”.
- Comandar o movimento do Eixo X, Y e Z para a posição atuado, por meio do botão “Expandir Atuador”, relacionado com a guia denominada “EIXO X”, “EIXO Y” e



- “EIXO Z”. O acionamento desses botões provoca o disparo de rotina que movimentava o atuador do Eixo X, Y e Z, para o máximo avançado, além de ligar o fluxo de ar na Ventosa.
- Visualizar o valor de referência que foi parametrizado para o tempo de movimentação ( $D_t$ ), entre a condição inicial e atuado, para o atuador do Eixo X, Y e Z.
  - Visualizar o tempo obtido no teste de movimentação ( $D_t$ ), entre a condição inicial e atuado, para o atuador do Eixo X, Y e Z.
  - Visualizar os valores de referência que foram parametrizados para os sensores S1 e S2 do atuador do Eixo X, Y e Z, para o máximo avançado.
  - Visualizar os valores obtidos no Autoteste para os sensores S1 e S2 do atuador do Eixo X, Y e Z, para o máximo avançado.
  - Validar os estados que foram obtidos com a movimentação dos atuadores dos Eixos X, Y e Z, para a posição atuado, por meio do botão “Validar Atuador”.
  - Comandar o movimento do Eixo X, Y e Z para a posição recuado, por meio do botão “Recuar Atuador”, relacionado com a guia denominada “EIXO X”, “EIXO Y” e “EIXO Z”. O acionamento desses botões provoca o disparo de rotina que movimentava o atuador do Eixo X, Y e Z, para a posição máximo recuado, além de desligar o fluxo de ar na Ventosa.
  - Visualizar o valor de referência que foi parametrizado para o tempo de movimentação ( $D_t$ ), entre a condição atuado e inicial, para o atuador do Eixo X, Y e Z.
  - Visualizar o tempo obtido no teste de movimentação ( $D_t$ ), entre a condição atuado e inicial, para o atuador do Eixo X, Y e Z.
  - Visualizar os valores de referência que foram parametrizados para os sensores S1 e S2 do atuador do Eixo X, Y e Z, para o máximo recuado.
  - Visualizar os valores obtidos no Autoteste para os sensores S1 e S2 do atuador do Eixo X, Y e Z, para o máximo recuado.
  - Validar os estados que foram obtidos com a movimentação dos atuadores dos Eixos X, Y e Z, para a posição recuado, por meio do botão “Validar Atuador”.

Supondo que durante a realização do Autoteste do Robô for identificada a existência de não conformidade entre os valores parametrizados e aqueles obtidos nas avaliações, para os estados dos sensores (S1 e S2) e tempos de movimentação ( $\Delta t_1$  e  $\Delta t_2$ ) do atuador, essa sequência de avaliação será interrompida e a situação estabelecida será sinalizada na Janela de Autoteste.

#### 4.3. TESTES PRÁTICOS

A avaliação da eficácia dos componentes virtuais das janelas da Interface Gráfica (IG) que é proposta neste trabalho para realizar o autoteste de avaliação operacional preliminar de sensores e atuadores que estão instalados em um robô manipulador, pneumático, cartesiano e com três eixos, de modo integrado com a sua arquitetura física, foi realizada em conformidade com a seguinte sequência de ações:

i) Execução da montagem mecânica e das ligações elétricas apresentadas na arquitetura de controle e Autoteste do Robô, a qual é mostrada na Figura 1.

ii) Elaboração de programa para o Controlador Lógico Programável (CLP) acionar os eixos do robô manipulador em conformidade com os passos contidos no fluxograma analítico mostrado na Figura 3.

iii) Preparação de interface gráfica com as janelas, leiaute de componentes virtuais e recursos operacionais em conformidade com aqueles apresentados nas Figuras 4 e 5, além de elaborar programa (*script*) para atender os passos contidos no fluxograma analítico mostrado na Figura 3.

A execução dos testes foi dividida em duas etapas, sendo que na primeira foram avaliados especificamente os recursos relacionados com a Janela de Parametrização, na qual se dedicou especial atenção com a comunicação do Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD). Na segunda etapa foram realizados os testes referentes com a Janela de Autoteste do Robô.

## 5. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados positivos observados nos testes práticos que foram 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 primeira fase foram alcançados, principalmente no que concerne em apresentar uma proposta de interface gráfica provida com recursos para um usuário realizar o autoteste de avaliação operacional preliminar de sensores e atuadores instalados em um robô manipulador, pneumático, cartesiano e com três eixos, de modo integrado com a sua arquitetura de controle.

O leiaute, a expressividade e os detalhes contidos nos componentes virtuais que foram adotados para as janelas da Interface Gráfica (IG) proporcionaram um ambiente intuitivo e elucidativo para o Usuário do sistema realizar o Autoteste do Robô.

## 6. REFERÊNCIAS

- BONACORSO, N. G. & NOLL, V.** Automação Eletropneumática. 11ª Edição. São Paulo: Érica, Brasil, 2008.
- CURIOSO, A., BRADFORD, R. & GALBRAITH, P.** EXPERT - PHP and MySQL®. Published by Wiley Publishing, Inc. Manufactured in the United States of America, 2010.
- DELTA.** DELTA ELETRONICS, INC. DVP-PLC Application Manual – Programming – Revision III. Disponível em: <[http://www.delta.com.tw/product/em/control/plc/control\\_plc\\_main.asp](http://www.delta.com.tw/product/em/control/plc/control_plc_main.asp)>. Acesso: 12/02/2013.
- ELIPSE SCADA.** HMI/SCADA SOFTWARE - Manual do Usuário. Versão 2.29. 2010.
- GROOVER, M. P.** Automação industrial e sistemas de manufatura. 3ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, Brasil, 2011.
- MIYAGI, P. E.** Controle Programável, Fundamentos do Controle de Sistemas a Eventos Discretos. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, Brasil, 1996.
- ROSÁRIO, J. M.** Princípios de Mecatrônica. 1ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, Brasil, 2005.
- SILVEIRA, P. R.** Automação e Controle Discreto. 9ª Edição. 4ª Reimpressão. São Paulo: Érica, Brasil, 2010.
- THOMAZINI, D. & ALBUQUERQUE P. U. B.** Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações. 6ª Edição. São Paulo: Érica, Brasil, 2009.