

# Modernização de Bancada de Teste de FCU utilizando LabVIEW e Plataforma PXI

David R. G. Ribeiro<sup>1</sup>, Joel P. Alencar<sup>2</sup>, Gilliver Santos<sup>3</sup>, Tommy L. Zirnberger<sup>4</sup>, Vitor P. Manuel<sup>5</sup>, Alexandre B. Campo<sup>6</sup> e Manoel C. S. Alves<sup>7</sup>

<sup>1,2</sup>Parque de Material Aeronáutico de São Paulo (PAMA-SP); <sup>3,4,5,6</sup>Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP);

<sup>7</sup>Universidade Estadual Paulista (UNESP)

**Resumo** — O FCU (*Fuel Control Unit*) é o componente acessório dos motores PT6 Pratt Whitney responsável pelo cálculo do fluxo de combustível para os diferentes regimes de operação do motor. Estes itens seguem rigorosos procedimentos de manutenção culminando em testes hidrodinâmicos em bancadas especializadas que têm por objetivo garantir a eficiência e a segurança operacional desses sistemas. Este trabalho apresenta a modernização de uma bancada de teste de FCU empregada na Força Aérea Brasileira (FAB) utilizando a linguagem gráfica LabVIEW e a plataforma PXI. Neste desenvolvimento, a instrumentação analógica foi substituída por um Sistema de Aquisição de Dados de Tempo Real utilizando um PXIe-1071 e os módulos PXIe-4330 e PXI-6238, todos da National Instruments (NI), para automatizar a leitura e o registro dos dados de teste enquanto estes são realizados. Empregando uma arquitetura distribuída mestre-escravo e o padrão de projeto QMH (*Queued Message Handler*) que potencializa a flexibilidade e a escalabilidade do projeto, essa abordagem resultou em um sistema determinístico e robusto que: 1 - Em termos operacionais, organizou e padronizou os procedimentos de teste por meio da geração de relatórios automatizados e o gerenciamento dos dados. 2 - Em termos de engenharia de sistemas, melhorou a suportabilidade da bancada permitindo adaptações mais ágeis por ocasião de mudanças de requisitos de testes e/ou projetos de FCU.

## I. A BANCADA DE TESTES DE FCU

Na bancada de teste de FCU da FAB, apresentada na Figura 1, unidades dos controladores de combustível que equipam os motores PT6 Pratt Whitney "traços" 25, 34 e 114 são testados com o objetivo de avaliar o desempenho e a segurança operacional desses equipamentos. A bancada de teste de FCU compreende um sistema hidráulico fechado com fluido de teste padrão que reproduz de forma controlada as condições de rotação da RGB (*Reduction Gear Box*), pressão de entrada de combustível e diferenciais de pressão (PX e PY) provocadas pelo motor. Como parâmetros de saída do FCU são lidos e avaliados pressões de controle (P1 e P2) e fluxo de combustível (FF). Construída pela empresa CEL Aerospace® a bancada prove uma interface analógica baseada em instrumentos discretos e especificados para testes pré-determinados em seu *rig* (configuração de teste) que limitam o operador a um processo manual de ensaio ao mesmo tempo que compromete a suportabilidade do sistema frente a diferentes testes e/ou modelos de FCU.

Este trabalho apresenta a modernização da bancada de teste por meio do desenvolvimento e implantação de um Sistema de Aquisição de Dados de Tempo Real baseado na linguagem gráfica LabVIEW e Plataforma PXI. Essas duas tecnologias foram escolhidas devido à perfeita integração entre elas, ao padrão aberto de *hardware* e *software* e a forte presença destas plataformas no desenvolvimento de sistemas de aquisição e controle para o segmento aeroespacial como verificado em [1], [2] e [3]. Ao final da modernização, todas as variáveis do processo são exibidas em um monitor de 24", como na Figura 2, com os manômetros mantidos temporariamente para adaptação dos operadores.



Figura 1 – Bancada de Teste.

Figura 2 – Aspecto final da Bancada.

## II. O SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

A Figura 3 representa a arquitetura do sistema utilizado na modernização da bancada. O sistema é constituído por um chassi PCI *Extension for Instrumentation* (PXI) em conjunto com um *desktop* utilizado como *host*. O sistema PXI é um computador industrial modular desenvolvido para instrumentação. Este sistema é responsável pela aquisição de todos os parâmetros adquiridos na rotina de testes do equipamento, por meio de módulos que desempenham funções específicas. Enquanto o *host* é responsável pela interface homem máquina (IHM) e o pós processamento dos dados.

O chassi PXI utilizado (NI PXIe-1071) possui 3 *slots*, e neles estão inseridos cartões de aquisição aplicados na obtenção de dados relativos aos transdutores. O cartão NI PXIe-4330 é empregado na leitura de valores correspondentes a transdutores de pressão projetados para aplicações industriais robustas que exigem alta precisão e estabilidade da medição como visto em [4]. Já o cartão NI PXIe-6238, é responsável pela obtenção dos sinais no padrão 4 a 20 mA e também pela contagem de pulsos relativos ao *encoder* de RPM e ao sensor de fluxo.

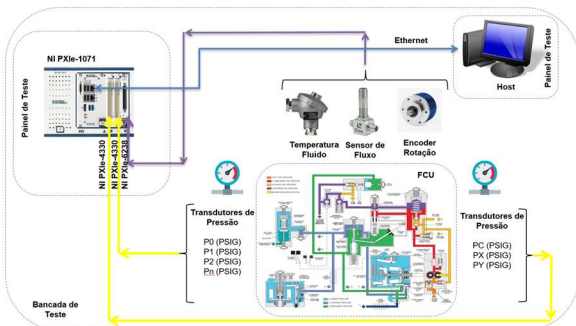


Figura 3 – Bancada de Teste.

O projeto foi desenvolvido utilizando o software LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*), um ambiente de programação gráfica intuitiva que possibilita a criação de interfaces e códigos de forma amigável [5]. O programa do *host*, e parcialmente do PXI, é baseado na arquitetura *Queued Message Handler* (QMH), uma versão mais robusta da arquitetura "produtor consumidor" que permite a execução de *loops* em taxas diferentes [6].

No *host*, os *loops* são controlados através de uma *Event Structure*. Essa estrutura aguarda a interação do operador com um dos controles da IHM, exibida na figura 4, e envia mensagens para os *loops* de *data logging* e *update* da interface. A *Event Structure* informa ao *loop* de *data logging* quais valores devem ser salvos e ao *loop* de *update* da interface quando iniciar e parar a aquisição de dados. O *loop* de *update* interface também é responsável por enviar mensagens ao PXI.

No PXI, existem 7 *loops*, sendo que um recebe e transmite os comandos enviados pelo *host*, outro envia os dados adquiridos para a IHM e os últimos 5 realizam a leitura dos sinais, como mostrado a figura 5. Essa arquitetura é similar a QMH presente no *host*, sendo que a principal diferença está no *loop* de controle, já que o PXI não possui uma IHM para receber comandos diretamente do operador.

A principal vantagem da utilização da QMH para o projeto é a execução paralela de diversas porções de código com diferentes taxas. Isso permite que a aquisição e atualização dos indicadores sejam realizadas de forma ininterrupta sem afetar a habilidade do operador de controlar o programa e completar os procedimentos de teste. Além disso, a QMH é uma arquitetura de alta escalabilidade, facilitando a adição e remoção de funções conforme necessário, podendo até ser adaptada para diferentes projetos com pouco tempo de desenvolvimento.



Figura 4 – Interface homem máquina desenvolvida.

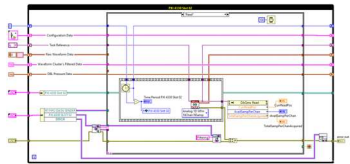


Figura 5 – Diagrama de blocos responsável pela aquisição de dados.

## III. ESPECIFICAÇÕES DE TESTE E GERENCIAMENTO DE DADOS

Utilizando as informações de dados de teste, tais como "Part Number" e o "Test Step" o programa seleciona automaticamente os valores adequados de pressão, rotação e vazão, que serão exibidos para que o operador ajuste os controles e válvulas da bancada. Ao fim de cada passo é possível salvar os valores correspondentes ao teste. Valores estes que serão inseridos em uma planilha em conjunto a dados como, nome do operador, "Serial Number", data e hora e também o projeto relativo ao FCU.

Todos os dados obtidos através do PXI são armazenados a partir dos valores dos indicadores no painel frontal, entretanto, existem certos passos que requerem dados inseridos diretamente pelo operador. Para isso são utilizadas caixas de texto. Os dados são formatados para Excel utilizando MS Office Report do LabVIEW, os dados de "Serial Number", "Part Number", projeto e nome do operador são requisitados ao final do procedimento quando o operador aperta o botão "Gerar Relatório".

## IV. CONCLUSÃO

A modernização proposta para a bancada de teste de FCU utilizando a linguagem gráfica LabVIEW e a plataforma de *hardware* PXI resultou em um sistema de teste de tempo real de elevada flexibilidade e escalabilidade customizado para a presente aplicação de teste sobre uma plataforma aberta de desenvolvimento. Essa metodologia e a automação das aquisições de dados permitiriam a padronização dos procedimentos de teste e gerenciamento dos dados além do que, essa abordagem possibilita adaptações ágeis caso haja mudança nos procedimentos de teste atuais, ou sejam adicionados novos procedimentos. Assim, conclui-se que este trabalho apresenta tanto melhorias operacionais quanto aquelas ligadas a suportabilidade do sistema contribuindo para a atividade fim da FAB ao entregar FCU's mais confiáveis à operação de seus vetores.

## REFERÊNCIAS

- RAMOS, Henrique KM et al. Portable test system for jet engines through FPGA technology. In: 2018 IEEE AUTOTESTCON. IEEE, 2018. p. 1-8.
- RIBEIRO, David R. et al. Prototipação de5. Controlador PID-Fuzzy para Controle de Servoválvula Eletro-Hidráulica usando LabVIEW e Arduino. XXI SICE, 2019.
- RIBEIRO, David R. et al. Data acquisition system for turbojet engine using LabVIEW programming and PCI extensions for instrumentation. In: 33rd AIAA Aerodynamic Measurement Technology and Ground Testing Conference. 2017. p. 3323.
- PRECISION Gage/Absolute Pressure Transducer. 2008. Elaborado por Honeywell. Disponível em: [https://www.ni.com/pdf/manuals/Model\\_TJE\\_Data\\_sheet.pdf](https://www.ni.com/pdf/manuals/Model_TJE_Data_sheet.pdf). Acesso em: 28 maio 2020.
- TRAVIS, J.; KRING J. LabVIEW for Everyone: Graphical Programming Made Easy and Fun. 3 ed. Prentice Hall, 2006.
- RIBEIRO, D. R., Kubinhetz, H., Campo, A. B., Souza, J. S., Alencar, J. P. Data Acquisition System for Turbojet Engine using LabVIEW programming and PCI Extensions for Instrumentation. 33rd AIAA Aerodynamic Measurement Technology and Ground Testing Conference. 2017.