



Implementação de Sistema de Aquisição para Ensaios em Voo de um VANT (Veículo Aéreo Não- Tripulado)

Glêvson Diniz Franco

Prof. Dr. Luiz Carlos Sandoval Góes
(Orientador)



Roteiro

- VANTs
 - Definição
- VANTs ITA LSA
 - Motivação, Objetivos da Pesquisa e Infraestrutura
 - Vector-P
 - Icasim
 - Sensores
 - Arquitetura do sistema de aquisição
 - cRIO
 - ARM
 - Dados de Ensaio em Voo
 - Conclusão

VANT (Veículo Aéreo Não-Tripulado)

- “É definido formalmente como um veículo aéreo propulsado que usa forças aerodinâmicas para prover sustentação e não possui operador humano, sendo capaz de voar de forma autônoma ou pilotada remotamente.”
 - [Defense United States of America, 2001]
- Possui capacidade de carregar carga paga letal ou não-letal, além de ser recuperável ou descartável.
- Aeronaves de pesquisa, de reconhecimento e de combate [NEWCOME, 2004]



VANT DCTA ITA LSA

**Desenvolvimento no Laboratório de Sistemas
Aeronáuticos (LSA) – Departamento de Mecânica de
Voo e Controle de Aeronaves**

DCTA ITA LSA

Objetivos e Linhas de Pesquisa

- Modelagem dinâmica das eqs. de movimento (modelos aerodinâmicos lineares e não-lineares);
- Estimação de parâmetros aerodinâmicos com dados de ensaios em voo;
- Desenvolvimento e testes de estratégias de controle em tempo real – Sistemas HIL para VANT;
- Modelagem dinâmica e identificação experimental de sistemas de comando de voo;
- Sistemas de detecção de falhas e reconfiguração de controle de voo;

Motivação

- Para elaboração de algoritmos de controle próprios ou otimização do controlador (Micropilot) é necessária a identificação do modelo da aeronave, para tal utilizam-se técnicas de identificação que se iniciam-se por parâmetros da geometria da aeronave, com auxílio de ferramentas como o (AAA, J2) e preferencialmente finalizam com a identificação por ensaio em voo, onde a aeronave ensaiada é submetida a determinadas manobras que excitam os modos desejados. Em posse dos dados de entradas (deslocamento das superfícies, *throttle*, etc. para realizar as manobras) e dos dados de saída (atitude, velocidade e etc., como resposta da aeronave às manobras) pode-se utilizar algoritmos de identificação para levantar o modelo da aeronave.

Objetivo

- Substituir o Icasim pelo cRIO como plataforma de ensaios em voo por ser mais flexível, robusto e por demandar menor tempo para reconfigurações.
- Configurar o *cRIO* para adquirir os dados processados e os dados crus da AHRS visando utilizar um algoritmo próprio de fusão sensorial.
- Para baixo *payload* usar o ARM com programação labVIEW, robusto e rápida reprogramação.
- Desenvolvimento/upgrade da estação solo de monitoramento e controle do Vector-P..

DCTA ITA LSA

Infraestrutura do Laboratório de Ensaios em Voo - ITA

■ Softwares Envolvidos

- ☐ LabVIEW
- ☐ Software para simulação em tempo real (Opal-RT);
- ☐ Software para estimação de parâmetros e identificação de modelos aerodinâmicos (Estima-DLR, Opal-Dinamo);
- ☐ Software para simulação HIL-Matlab (DSpace);
- ☐ Software para aquisição de dados anemométricos, integrados com dados de GPS e INS (ICASIM);
- ☐ Software para simulação de sistemas de comando de voo (AMESIM, 20-SIM);

■ Hardwares Envolvidos

- ☐ Plataforma Inercial (AHRS da Crossbow);
- ☐ Sistema GPS;
- ☐ Sistema de aquisição de dados anemométricos (smart-boom ICASIM);
- ☐ Sistemas de Simulação em Tempo Real (HIL) da DSpace, RTLAB, National-RT;
- ☐ Analisador Dinâmico de Fourier Multicanais (ACE);
- ☐ Sistemas portáteis de aquisição de dados da NI-LabVIEW
- ☐ Vector-P

O Vector-P

■ Características

- veículo aéreo não-tripulado fabricado pela Intellitech Microsystems (Estados Unidos) em material composto
- é uma pequena aeronave para aplicações que exigem desempenho e confiabilidade a um preço acessível.
 - Ex: missões de busca e salvamento, monitoramento de áreas urbanas, de tráfego e de fronteiras e agricultura de precisão



O Vector-P

■ Especificações

Envergadura	2,58 metros
Fuselagem	Comprimento 1,525 metros
Velocidade Máxima	100 nós (185 km/ h)
Velocidade de Cruzeiro	70 nós (129 km/h)
Velocidade para pouso	40 nós (74Km/h)
Motor	de 75cc, 7,5 hp, modelo 3W 75iS (capaz de 180N de empuxo), motor 2 tempos a gasolina
Hélice	Biela 24x10
Alcance máximo (autonomia)	280 milhas (519 km), dependendo do combustível a bordo.
Altitude Max	10.000 pés (3 km)
Max Peso de Descolagem	34 kg
Peso Vazio	19,7 kg
Combustível a bordo	Padrão 2,3 litros
Combustível por Hora	2,3 litros

O Vector-P: Icasim - Simtec (Suíça)

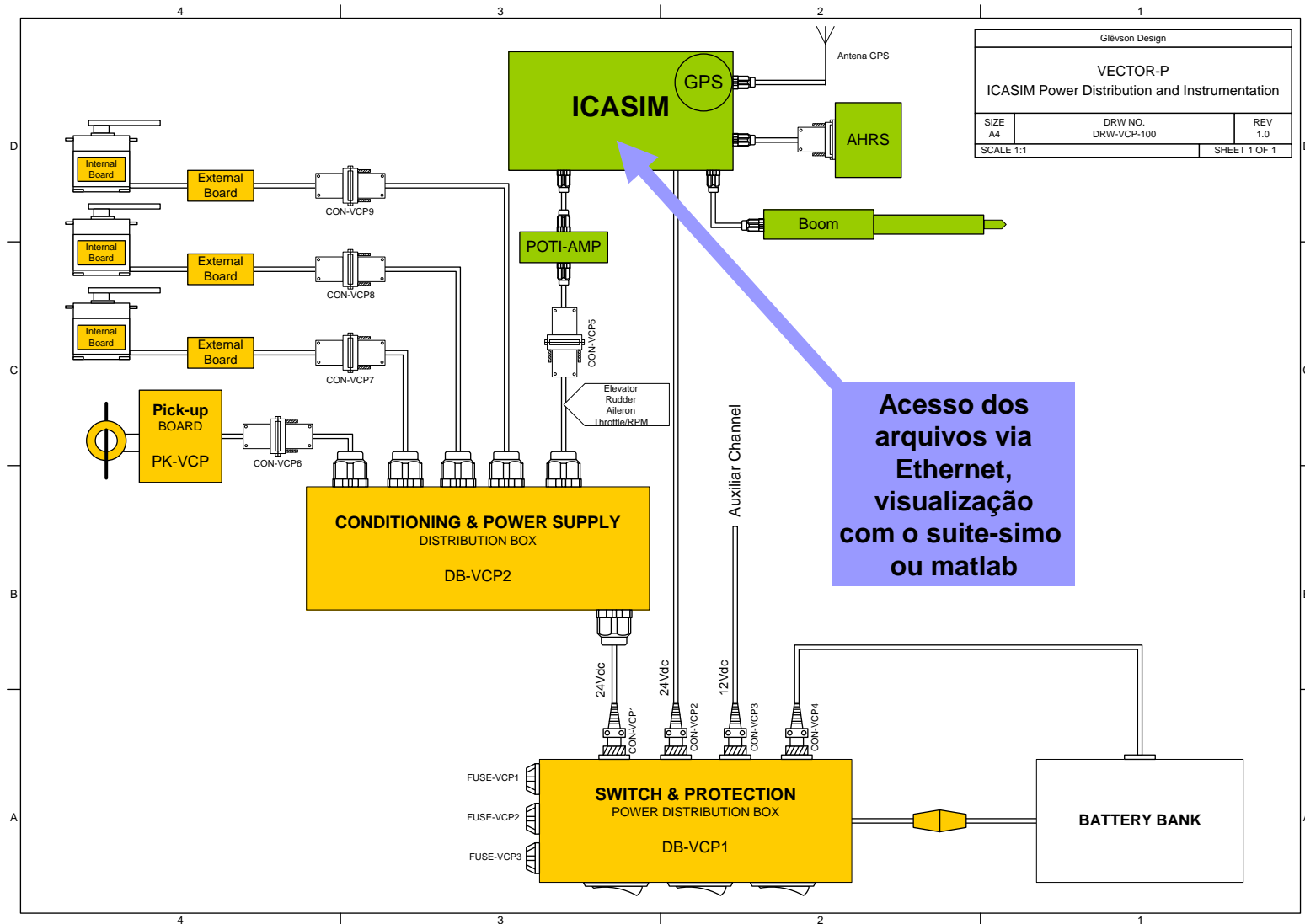
- Sistema de monitoramento de voo *Icasim Flight Test Equipment (IFTE) TRM/916* acoplada a plataforma de voo (Vector-P)
- Permite a gravação de todos os dados desejados e posterior visualização em programa proprietário ou em outros capazes de acessar seus arquivos, possibilitando uma posterior análise do voo e fornecendo dados para identificação do modelo da aeronave.

O Vector-P: Icasim (TRM/916)

■ Dados Técnicos

- É um pequeno computador (PC104) rodando um sistema Linux, com interface de comando diretamente no painel
- Possui uma interface de comunicação LAN Ethernet e uma memória de massa em um cartão *compact flash* de 256MB
- Conexões externas:
 - Receptor GPS 1Hz
 - Ponta de prova anemométrica (Boom)
 - Unidade inercial (Crossbow AHRS400)
 - Modulo AD (POTI-AMP) para leitura de potenciômetros para sensoramento de superfícies de controle
 - Cabo de alimentação do sistema 24VDC

O Vector-P: Icasim (TRM/916)



O Vector-P: Icasim (TRM/916)

■ Os sensores : Unidade inercial

- É a AHRS-400CC-200 fabricada pela Crossbow
- É um sistema de estado sólido para sensoriamento de atitude e de posicionamento, destinado às aplicações embarcadas (VANTs)
- Possui tecnologia MEMS (Microelectromechanical systems) fornece atitude e direção em medições estáticas e dinâmicas que ultrapassa os tradicionais sistemas de giroscópios e acelerômetros
- Os dados de saída são fornecidos no formato digital (RS-232) e analógico.

O Vector-P: Icasim (TRM/916)

- **Os sensores: Ponta de Prova anemométrica (Boom)**
 - Desenvolvida pela Simtec (Suíça) com o objetivo de ser utilizada em aeronaves de pequeno porte (VANTs)
 - Já veio calibrada para o envelope de voo do Vector-P
 - A Boom mede os parâmetros mais relevantes:
 - Velocidade da aeronave (pressão de impacto)
 - Altitude da aeronave (pressão estática)
 - Ângulo de ataque
 - Ângulo de derrapagem
 - Temperatura do ar (TAT – *Total Air Temperature*)
 - Temperatura interna

O Vector-P: Icasim (TRM/916)

■ Os sensores: GPS

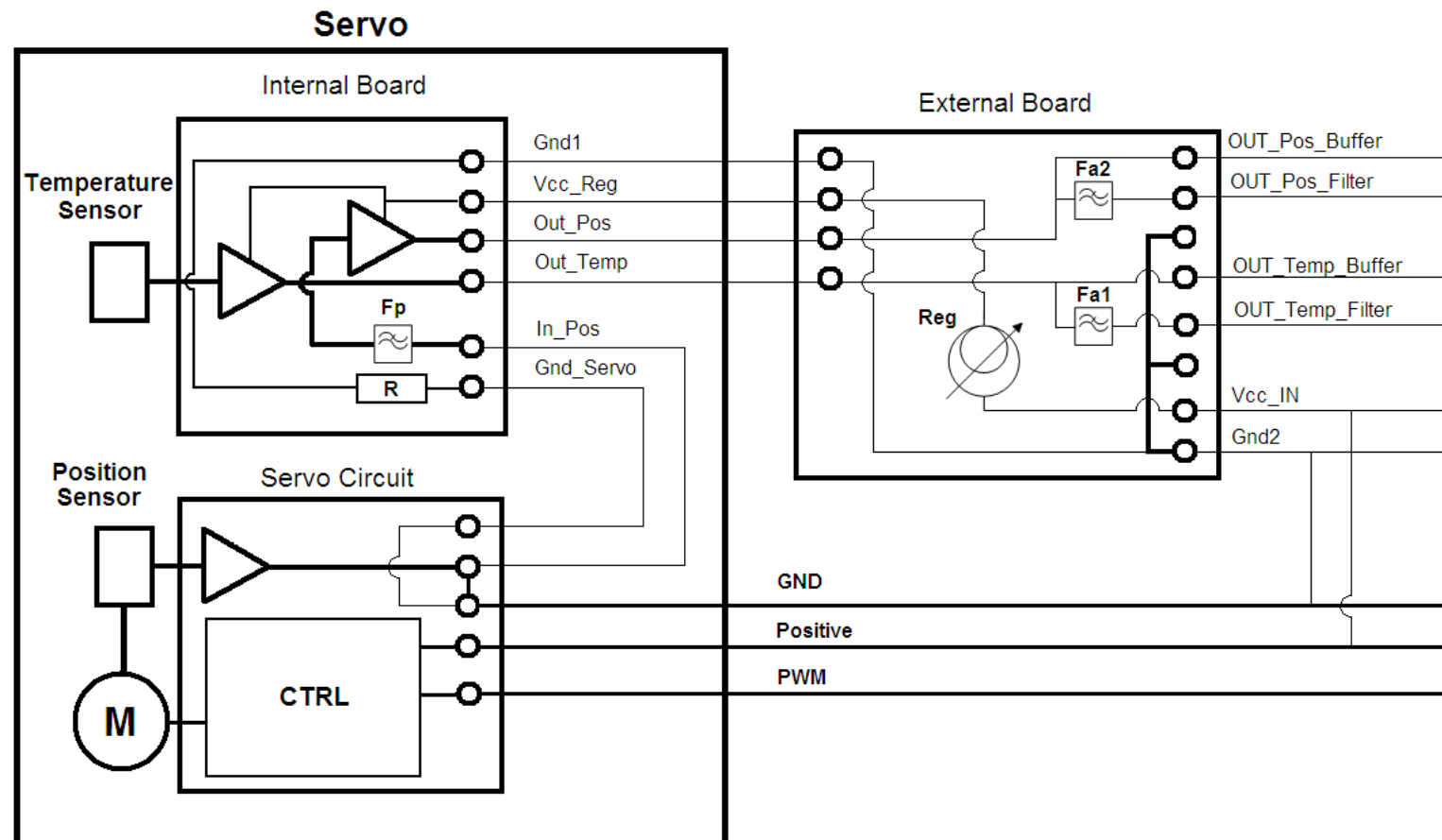
- Interno ao Icasim fornece os dados comuns a maioria dos GPS, sendo os mais relevantes ao sistema de ensaio em voo: latitude, longitude, altitude e velocidade.

■ Os sensores de deslocamento de superfícies

- Servos modificados para fornecerem a posição das superfícies (03 superfícies de controle e também acoplado ao *throttle* ou *Rotação no eixo do motor – PSOC/HALL*).

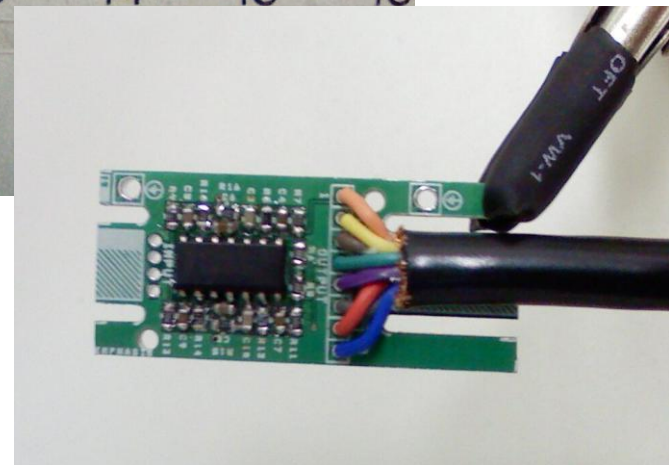
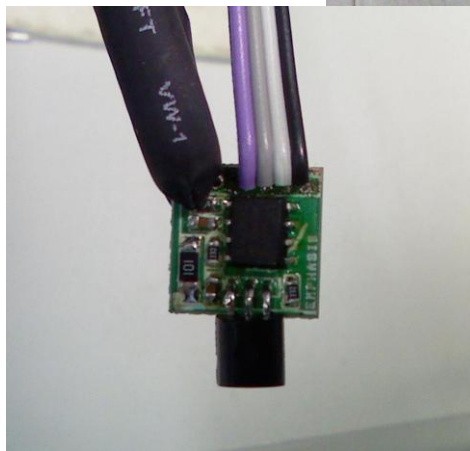
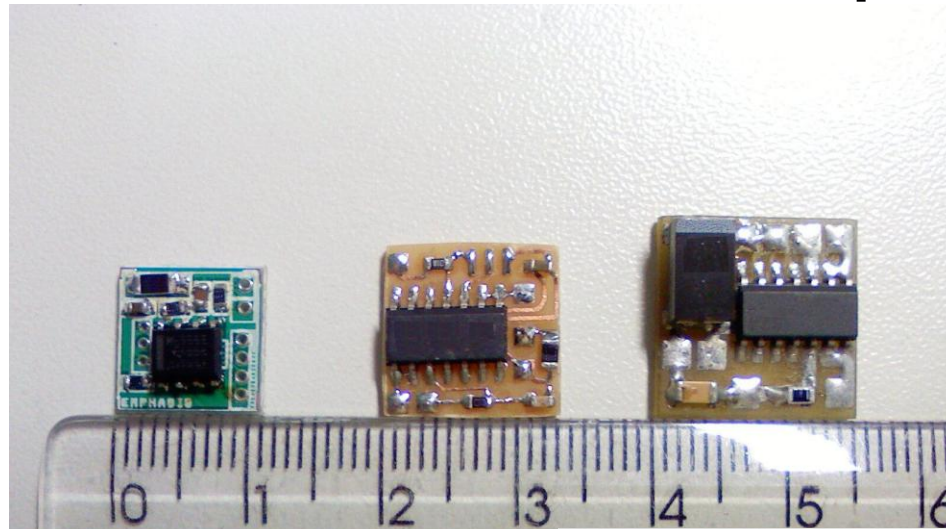
O Vector-P: Modificações no Vector-P

- Modificação dos servos atuadores para leitura da posição



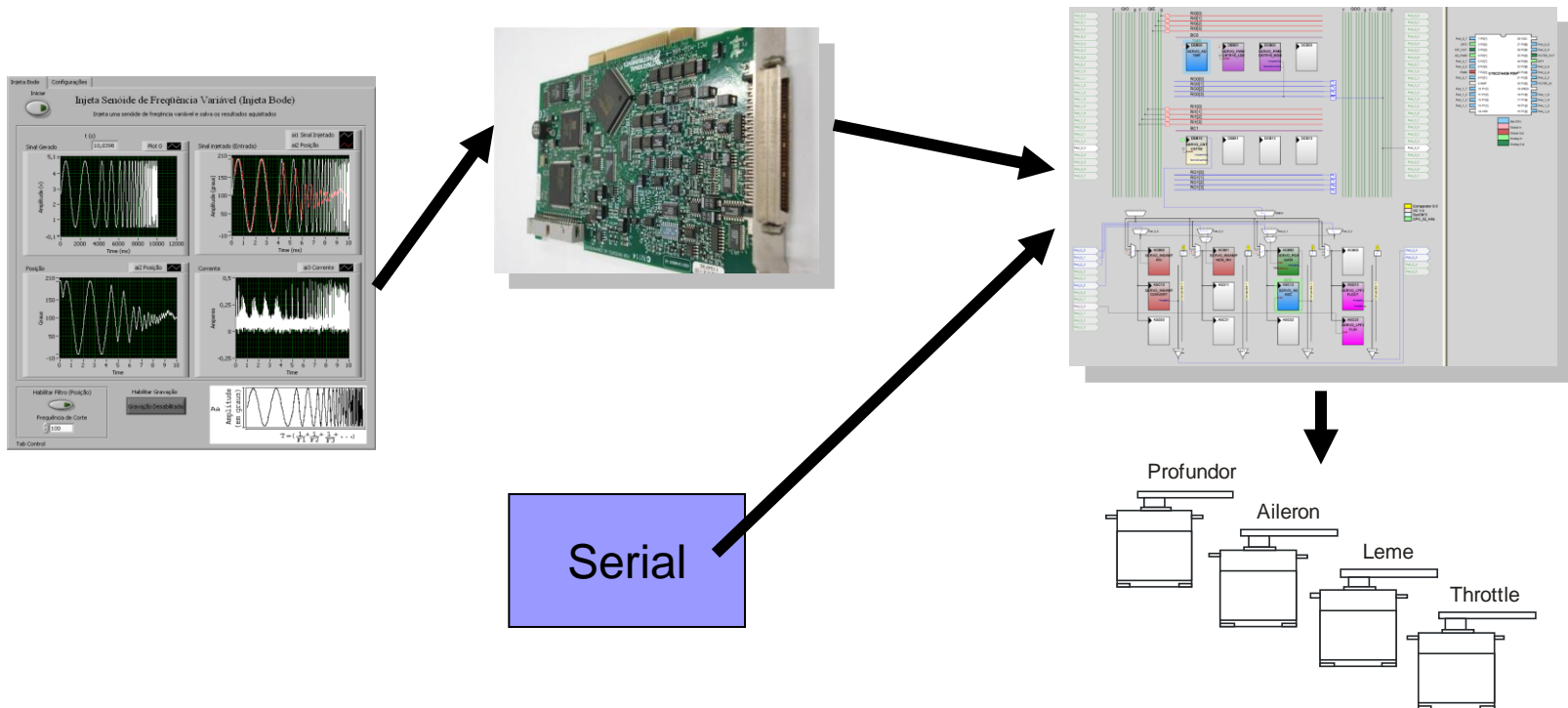
O Vector-P: Modificações no Vector-P

- Modificação dos servos atuadores para leitura da posição



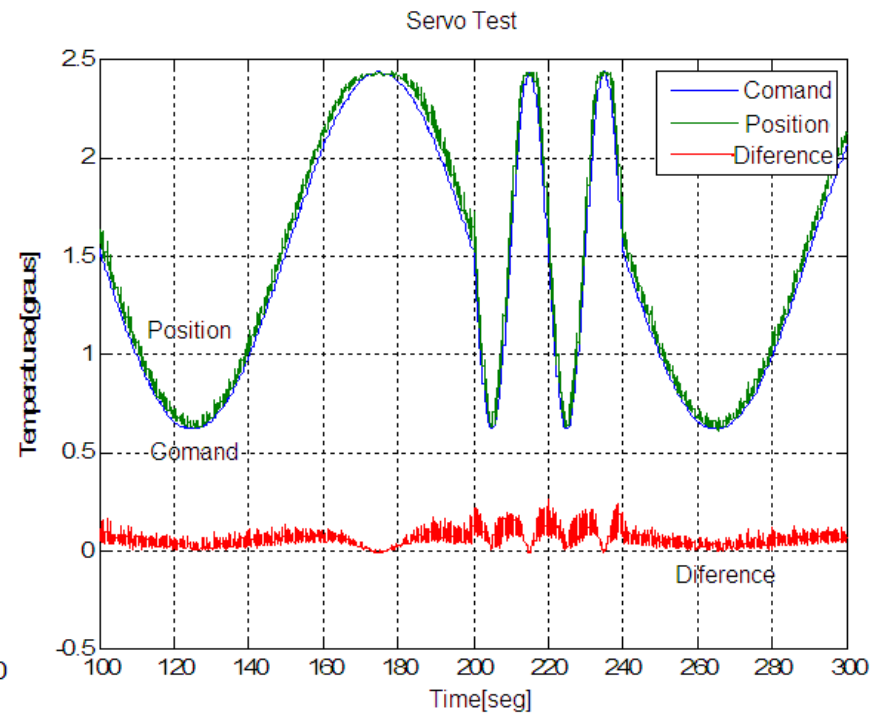
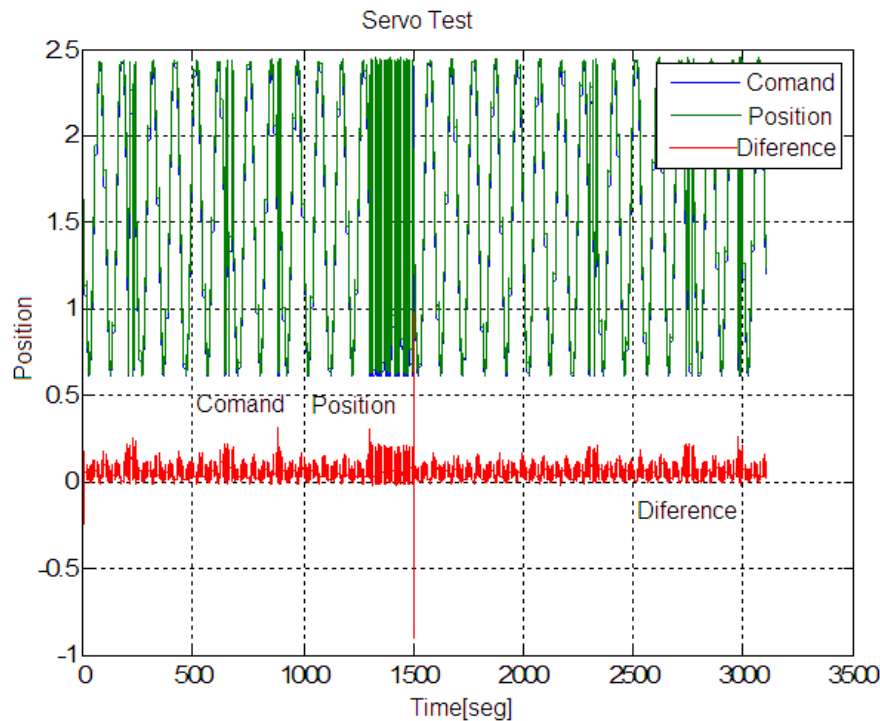
O Vector-P: Modificações no Vector-P

- Modificação dos servos atuadores para leitura da posição



O Vector-P: Modificações no Vector-P

- Modificação dos servos atuadores para leitura da posição



O Vector-P: Modificações no Vector-P

■ Placa de condicionamento e leitura de RPM

- Adição de um circuito de condicionamento para a faixa de leitura do POTI-AMP
- Há duas formas de monitorar o “motor” do Vector-P
 - monitorando o servo da manete através do POTI-AMP
 - monitorando a rotação do motor através do *sensor hall* que foi adicionado ao eixo do motor (sinal é monitorado pelo AD de um microcontrolador PSOC)
- Ensaio de “Bancada”
 - Injetado o sinal de um gerador de sinais na entrada do microcontrolador
- Ensaio “Prático”
 - teste do microcontrolador utilizando o sensor de efeito *hall* acoplado ao eixo do motor

O Vector-P: Modificações no Vector-P

■ Placa de condicionamento e leitura de RPM

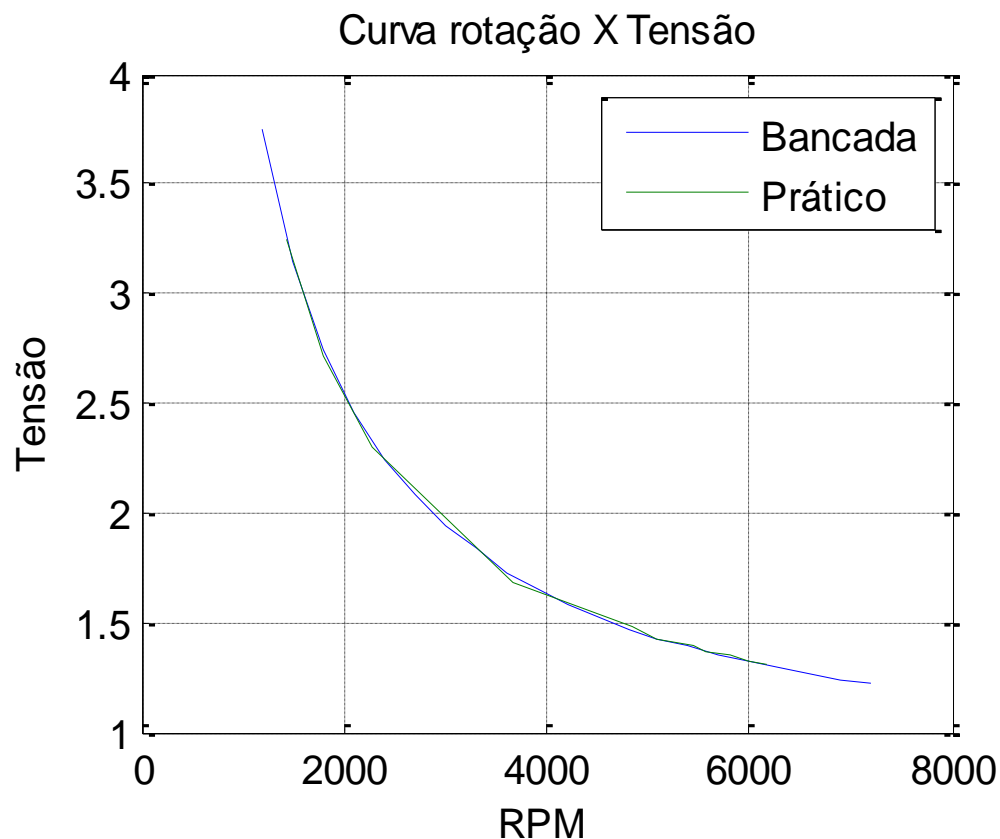
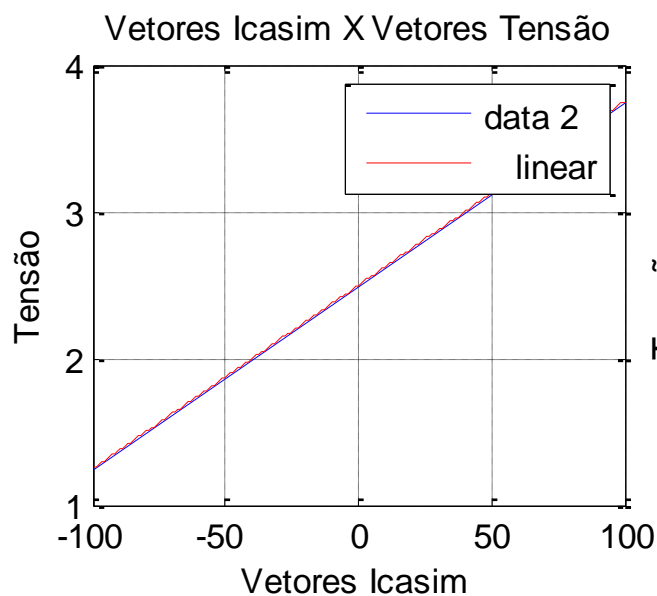


Gráfico do resultado do ensaio do microcontrolador de leitura de rotação do motor

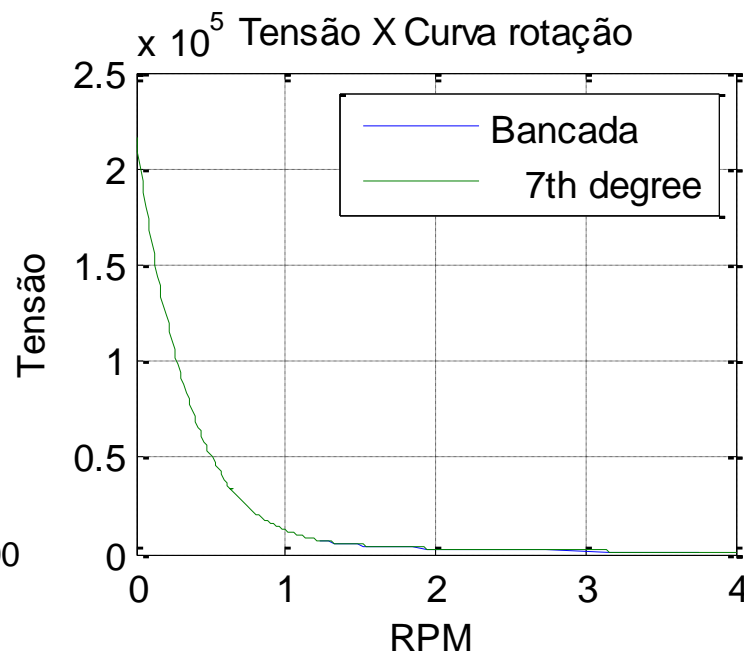
O Vector-P: Modificações no Vector-P

■ Placa de condicionamento e leitura de RPM

- A rotação do motor foi obtida a partir dos vetores de variáveis do Icasim através de uma equação de conversão utilizando a ferramenta de *curve fitting* do MATLAB

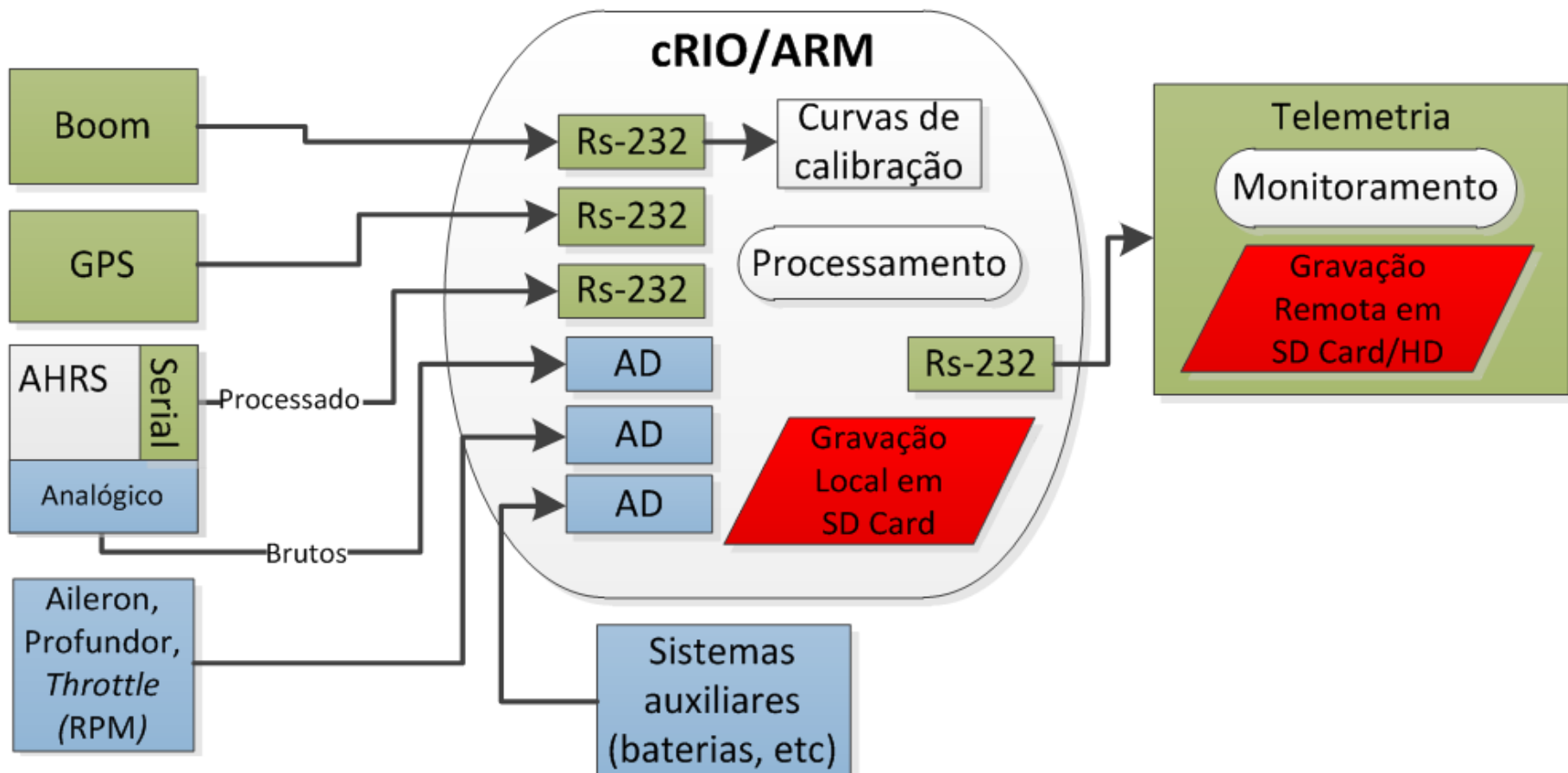


Técnica de *curve fitting* para os dados de entrada do Icasim



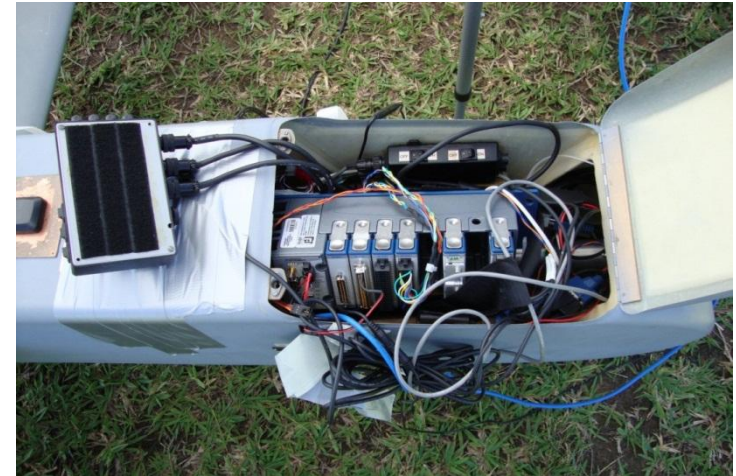
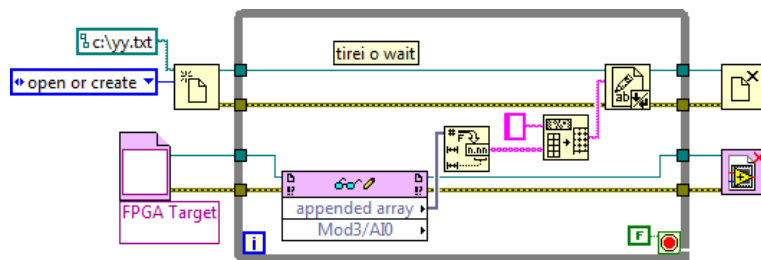
curva de rotação do microcontrolador

Arquitetura do Sistema de Aquisição



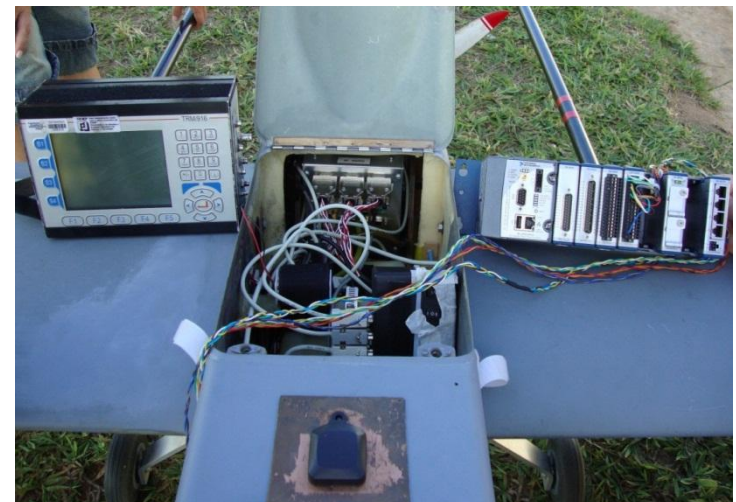
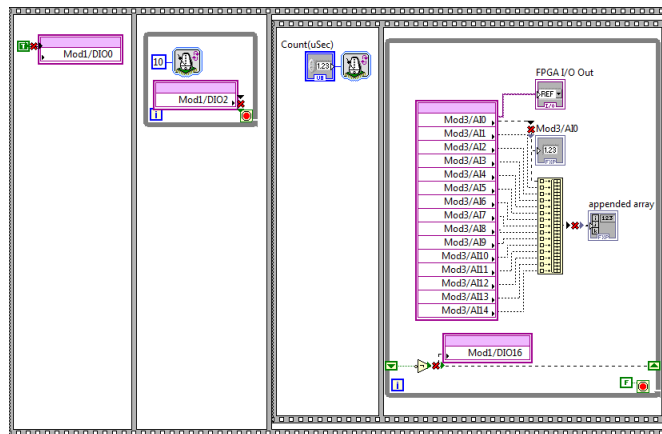
cRIO

■ Controladora



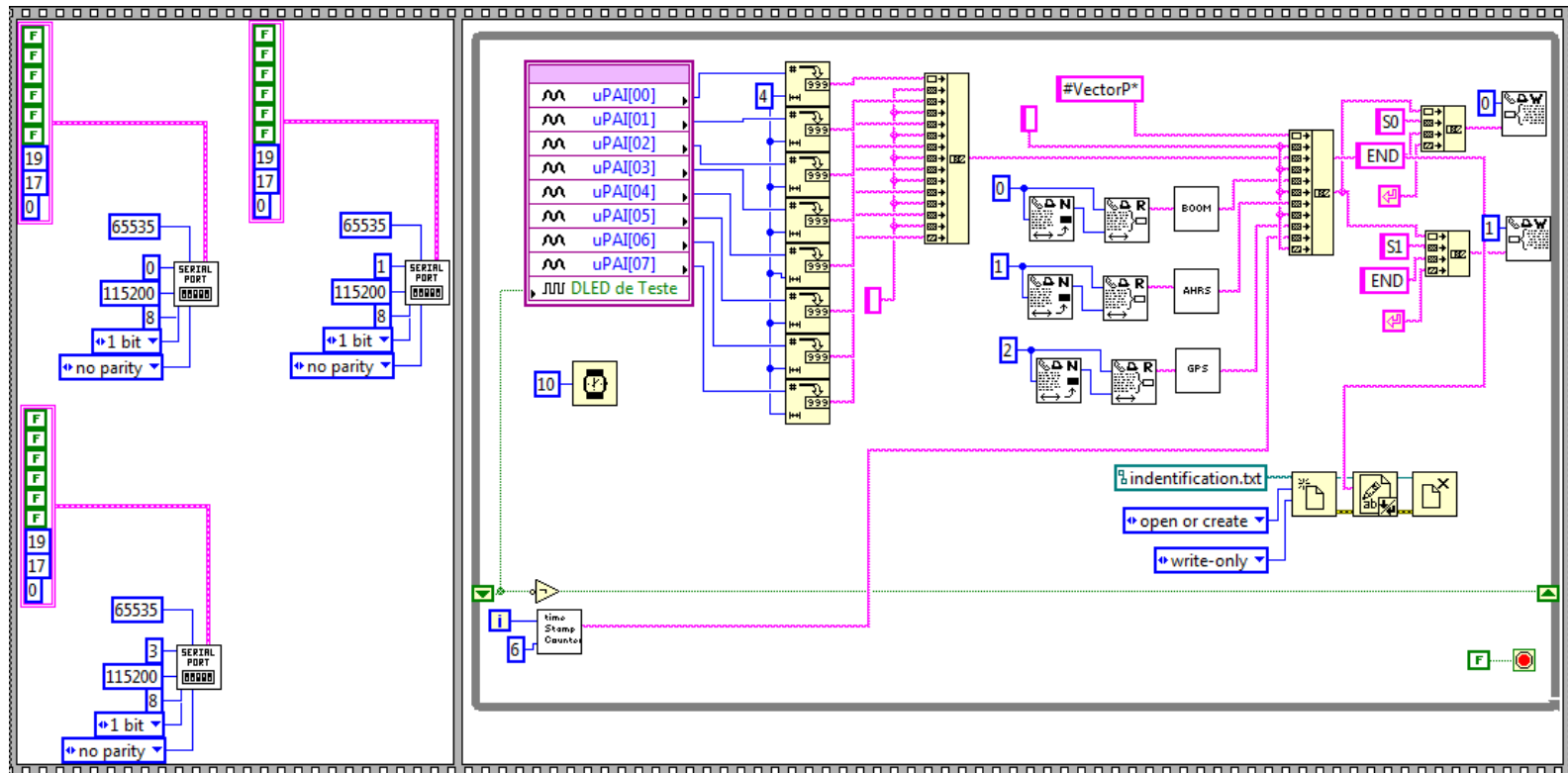
cRIO no Vector-P

■ FPGA



Icasim (esquerda) , Micropilot (Centro) e cRIO (direita) no Vector-P

ARM (baixo *payload*)



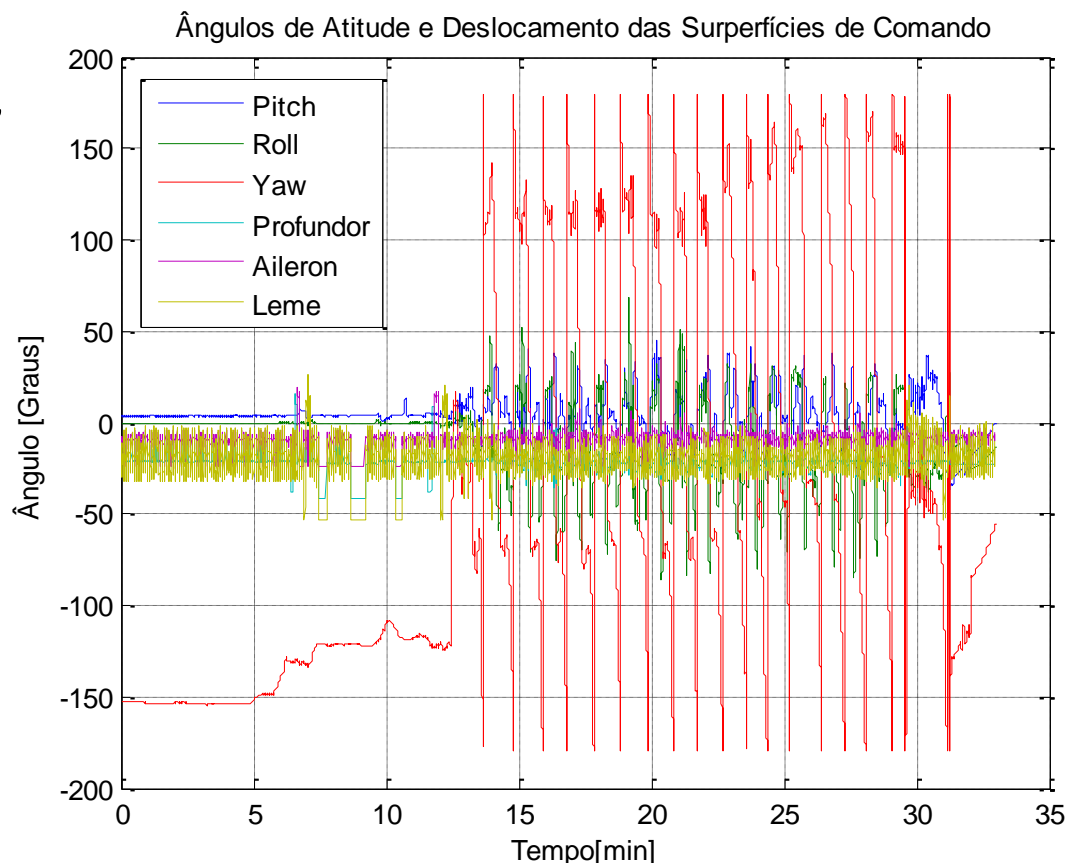
Ensaio em voo

Local Data	Voos	Sistema em teste		
		Micropilot/Horizon	Icasim	CompactRIO (NI)
São José dos Campos – SP 23/11/07	Voo 1	•		
	Voo 2	•		
	Voo 3	•		
	Voo 4	•		
Pindamonhangaba – SP 27/10/08	Voo 1		•	
	Voo 2		•	
Pindamonhangaba – SP 14/05/09	Voo 1		•	
Pindamonhangaba – SP 06/02/10	Voo 1		•	
	Voo 2		•	
	Voo 3		•	
Pindamonhangaba – SP 07/02/10	Voo 1	•		•
	Voo 2	•		•
	Voo 3	•		•
	Voo 4	•	•	
	Voo 5	•	•	

Dados do ensaio em Voo

■ Gráfico do deslocamento de superfícies e AHRS

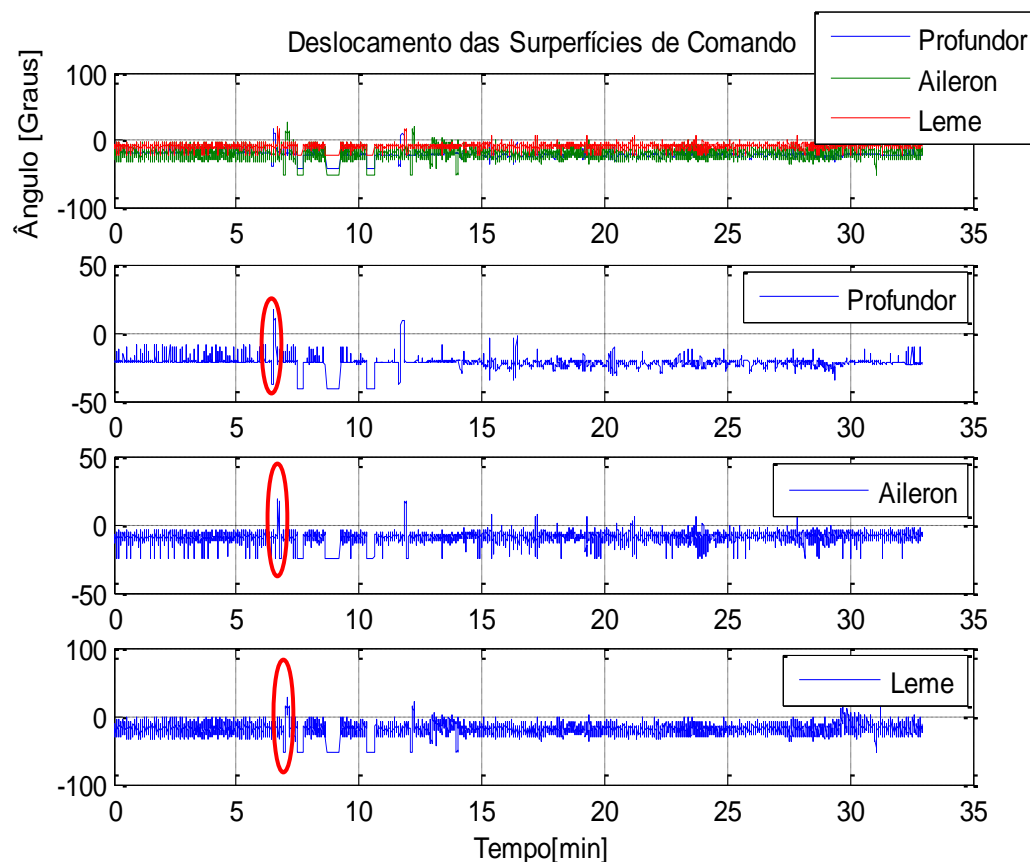
- Superfícies (Profundor, Leme, Aileron) juntamente com os dados da AHRS (*pitch*, *roll* e *yaw*)



Dados do ensaio em Voo

■ Deslocamento de superfícies

- o deslocamento das três superfícies de controle do Vector-P (Profundor, Aileron e Leme) em um único gráfico
- gráficos individuais do deslocamento de cada uma das superfícies de controle



Dados do ensaio em Voo

■ Resultados para o GPS

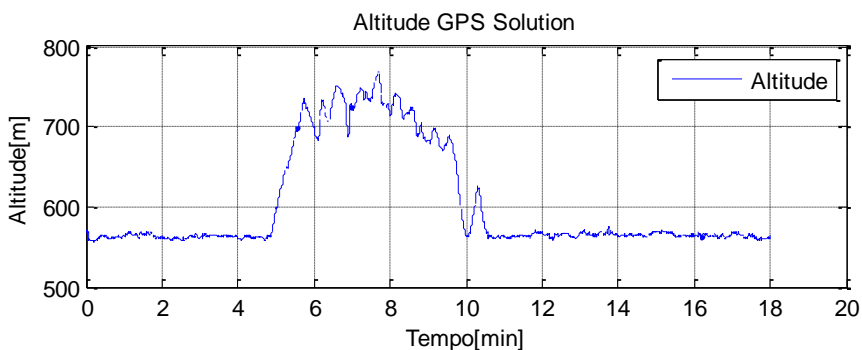


Gráfico da altitude GPS durante o ensaio em voo do Vector-P

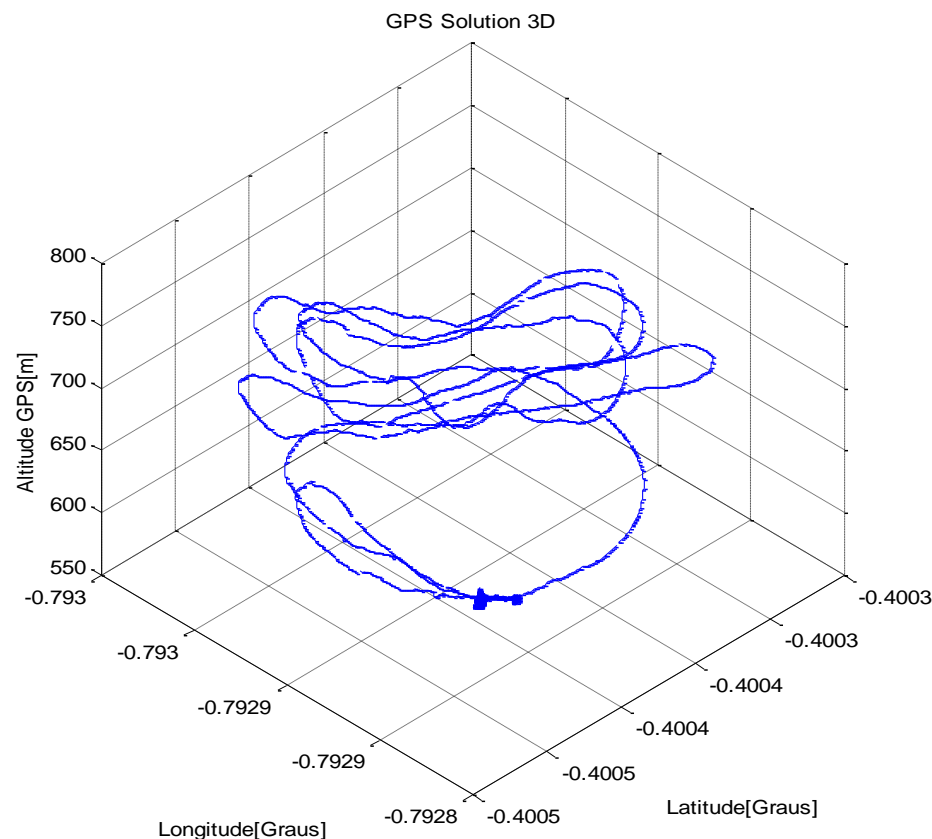
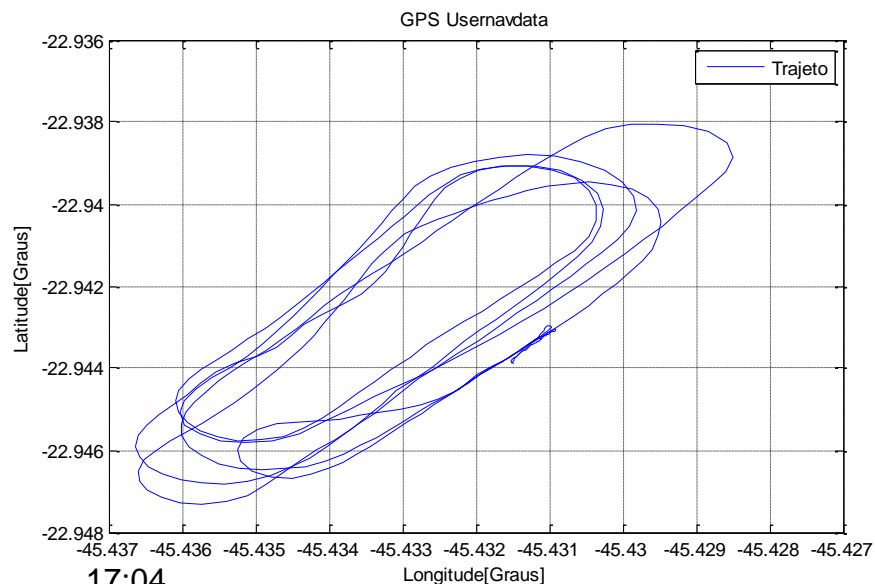
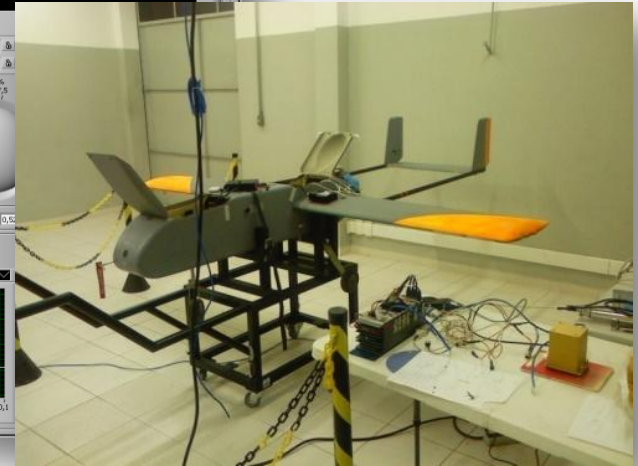
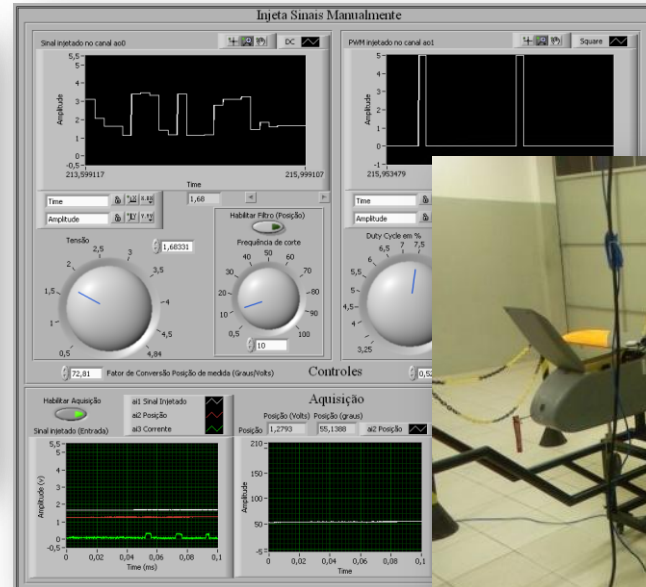


Gráfico em 2D e 3D da trajetória e altitude obtida com o GPS

Conclusões

- Após testes em solo em laboratório e teste em voo constatou-se:
 - Que os substitutos do Icasim no Vector-P atendem as necessidades de fornecimento de dados para a técnica de modelagem aerodinâmica baseada em ensaio em voo.
 - Que a flexibilidade do sistema permite rápida reconfiguração de novas necessidades para cada ensaio em voo.



Contatos:

Glêvson Diniz Franco

glevson@hotmail.com

glevson@ita.br

glevson@krypem.com



FIM