

**CONEM 2016**  
CONGRESSO NACIONAL DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

**21-25**  
**AGOSTO DE 2016**  
**FORTALEZA - CEARÁ**

## **SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS DE VOO DE UM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO, VECTOR-P**

Clécio Fischer, [cleciofischer@gmail.com](mailto:cleciofischer@gmail.com)

Luiz Carlos Sandoval Góes, [lcsgoes@gmail.com](mailto:lcsgoes@gmail.com)

David Fernando Castillo Zuñiga, [davidfer888@gmail.com](mailto:davidfer888@gmail.com)

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, 12228-900, São José dos Campos-SP

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, 12228-900, São José dos Campos-SP

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, 12228-900, São José dos Campos-SP

**Resumo:** O uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) está evoluindo em diversas aplicações, o que tem atraído mais investimentos neste setor da aviação. Com o crescimento deste mercado, é necessário que estas aeronaves voem de forma segura e confiável.

Para isso, é necessário ter um controle bem projetado e o mesmo necessita de um modelo que represente bem a dinâmica de voo.

O objetivo deste trabalho é detalhar os componentes e os procedimentos de uma campanha de voo de um VANT, em que serão coletados dados para a identificação do modelo látero-direcional da aeronave.

O VANT utilizado nessa campanha é o VECTOR-P, fornecida pela IntelliTech® (USA) em 2007. O qual pertence ao Laboratório de Sistemas Aeronáuticos (LSA) do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

Para a coleta de dados, atualmente o VECTOR-P está equipado com um computador central Compact RIO (cRIO), sensores inerciais (Crossbow), sensores anemométricos (Air Data Boom) e GPS. Também está equipado com um sistema, desenvolvido pelo LSA, que coleta o posicionamento dos servos que comandam as superfícies de controle da aeronave.

Como a dinâmica Longitudinal da aeronave já foi identificada em trabalhos anteriores, resta-nos realizar o levantamento da dinâmica látero-direcional para que o veículo possa voar com um piloto automático completo.

Para a identificação látero-direcional é necessário a excitação dos modos dinâmicos de voo da aeronave. Para isso serão adotadas as seguintes manobras: bank-to-bank roll e Dutch roll, que consistem, respectivamente, na aplicação de uma série de pulsos no aileron e a aplicação de um sinal de entrada doublet no rudder da aeronave.

Estas manobras podem ser aplicadas de duas maneiras diferentes, a primeira aplicada diretamente no rádio controle, pelo piloto, ou podem ser pré-programadas no computador de bordo, de modo que, quando a aeronave estiver em voo nivelado, a manobra é acionada pelo rádio controle.

Com a realização do voo, serão obtidos os dados armazenados em um cartão de memória, este armazena as entradas dos sensores que estão equipando o VANT, bem como os comandos de entrada nas superfícies de controle.

Após a coleta de dados, estes serão tratados e organizados para que posteriormente possam ser utilizados no levantamento do modelo da aeronave.

Já com os dados prontos, será possível criar um algoritmo de identificação para o levantamento do modelo látero-direcional do VECTOR-P.

**Palavras-chave:** Aquisição, VANT, Identificação

### **1. INTRODUÇÃO**

O Veículo Aéreo Não-Tripulado (VANT) é definido (Defense United States of America, 2001) como um veículo aéreo propulsado que não possui operador humano, sendo capaz de voar de forma autônoma ou pilotada remotamente.

Os VANTs têm inúmeras aplicações como, por exemplo, o mapeamento aéreo, a vigilância aérea por terra e mar, o monitoramento ambiental e de amostragem de ar, a meteorologia, a inspeção de dutos e linhas de energia, para a agricultura de precisão, o sensoriamento remoto, o combate a incêndios e a busca e resgate, entre outras aplicações.

Os VANTs estão cada vez mais presentes no espaço aéreo e, sendo assim, é necessária confiabilidade e segurança nos controles projetados. Para que isso seja possível é necessário ter um modelo preciso da sua dinâmica de voo.

A motivação para este trabalho é obter os dados necessário para a identificação do modelo aerodinâmico do VANT. Para tanto, serão adquiridos dados em voo das variáveis necessárias para realizar a identificação.

O VANT utilizado é o VECTOR-P, pertencente ao Laboratório de Sistemas Aeroespaciais (LSA) do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

Neste trabalho serão apresentados os equipamentos que foram utilizados para a obtenção dos dados de voo, bem como as diferentes manobras adotadas para excitar os modos de voo para posterior obtenção do modelo aerodinâmico da aeronave.

## 2. DESENVOLVIMENTO

Para que o VECTOR-P seja capaz de realizar um voo autônomo, é necessário ter um modelo que represente o mais próximo da realidade um voo deste VANT.

Por meio de processo de identificação é possível obter as equações de dinâmica de voo. Porém, para rodar este processo de identificação é necessário realizar um voo, excitar os diferentes modos de dinâmica de voo e coletar as variáveis que descrevem estes modos.

Para uma aeronave, os modos de voo são divididos basicamente em dois modelos: o longitudinal, que possui os modos de período curto, e de *phugoid*.

Como modelo longitudinal já foi desenvolvido (Santos, 2013), para dar continuidade ao trabalho, será realizado voo, visando a obtenção de dados e, posteriormente, a identificação do modelo látero-direcional.

Os modos de voo do modelo látero-direcional são apresentados a seguir, juntamente com as manobras utilizadas para excitar cada um deles.

### 2.1. Modos dinâmicos de voo

Os modos dinâmicos de voo para o movimento látero-direcional são basicamente três: o modo *dutch-roll*, o modo de rolamento puro e o modo espiral.

O modo *dutch-roll* é oscilatório, envolvem o movimento angulares do rolamento e de guinada da aeronave. Com isso gera variação no ângulo de derrapagem e no ângulo de rolamento. Quando aplicado um rolamento na aeronave em uma direção, pode ser observado uma guinada no sentido oposto, o que resulta um movimento de período curto e levemente amortecido.

Esse modo é excitado com sinais de entrada no *rudder* da aeronave. A manobra utilizada é um sinal *doublet*. Na Figura 1 é apresentada a manobra para a excitação do modo *dutch-roll* do veículo. O tempo  $\Delta t$  de duração deve ser calculado para cada modelo diferente de aeronave.

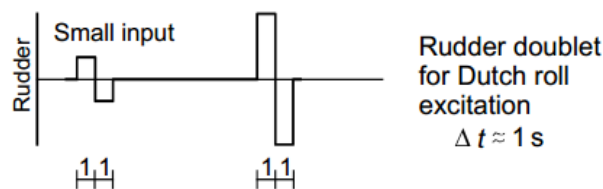


Figura 1. Sinal *doublet* aplicado no *rudder* para excitar o modo *dutch-roll*, (Jategaonkar, 2006)

O modo rolamento puro é uma rotação em torno do eixo longitudinal da aeronave. Este modo é não oscilatório. Para excitar este modo é aplicado vários pulsos de diferentes amplitudes e duração de tempo nos ailerons da aeronave. Na Figura 2, são apresentadas as manobras recomendadas na literatura para excitar este modo de voo (Jategaonkar, 2006). É aplicado um sinal para que a aeronave varie o ângulo de rolamento até diferentes posições.

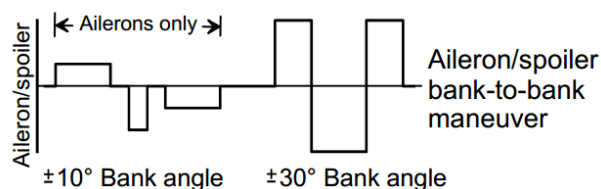


Figura 2. Sinal aplicado no *aileron* para excitar o modo rolamento puro. (Jategaonkar, 2006)

O último modo é o espiral que é não oscilatório e envolve rolamento puro com uma velocidade angular de guinada. Quando a aeronave está em movimento de rolamento, surge um desequilíbrio de sustentação, o qual faz com que o nariz da aeronave fique levemente abaixado, fazendo com que entre em movimento de espiral. Este modo pode ser excitado aplicando manobras no aileron da aeronave.

### 3. VECTOR P

O VECTOR-P, fornecida pela IntelliTech® (USA), em 2007, foi projetado para mapeamento aéreo, vigilância aérea por terra e mar, monitoramento ambiental e de amostragem de ar, meteorologia, inspeção de dutos e linhas de energia, para a agricultura de precisão, sensoriamento remoto, combate a incêndios e busca e resgate. Na Figura 3 é apresentado o VECTOR-P.

Esta aeronave foi adquirida pelo LSA em 2007 com objetivo de serem realizados diferentes tipos de estudos e propostas de trabalho. Originalmente o VECTOR-P possuía como controlador central uma Micropilot, após foi substituído por outro, e, atualmente, contém os equipamentos que serão apresentados a seguir.



**Figura 3. VECTRO-P, VANT pertencente ao laboratório de sistemas aeroespaciais do Instituto Tecnológico de Aeronáutica.**

Hoje o VECTOR-P está equipado com os seguintes componentes: um computador de bordo *Compact RIO (cRIO)*, sensores inerciais (*Crossbow*), anemométricos (*Air Data Boom*) e GPS, além de possuir um sistema desenvolvido do laboratório que coleta as informações de posição dos servos que comandas as superfícies de controle.

O controlador cRIO-9014 é um processador industrial de tempo real operando em 400MHz. Este controlador pode ser programado de forma a executar manobras desejadas, além de coletar a informação dos sensores e realizar o primeiro tratamento destes dados.

Entre os sensores que compõem o VECTOR-P encontramos o *Air Data Boom*, este sensor anemométrico comunica-se com o cRIO por meio de comunicação serial. Os valores fornecidos são a pressão dinâmica e estática, a diferença de pressão para as medidas dos ângulos de ataque  $\alpha$  e para o ângulo de derrapagem  $\beta$ , a temperatura do ar e a temperatura interna.

Para as medições inerciais é utilizado o AHRS-400CC-200, produzido pela *Crossbow*, este fornece os valores dos ângulos de pitch, roll e yaw. Também possui acelerômetros que medem a aceleração nas três direções, um magnetômetro e um giroscópio. Todos os dados fornecidos pela *Crossbow* são enviados para o computador central de duas formas diferentes: uma por meio digital, através de uma conexão RS-232, e a outra por meio analógico, que consiste em diferentes valores de tensão.

Para a medição de posição, o VECTOR-P está equipado com um GPS Garmin que fornece ao computador de bordo os valores de latitude, longitude, altitude e velocidade inercial.

Para a medição da posição das superfícies de controle, bem como os modelo dos atuadores, é utilizado um sistema, desenvolvido no LSA (Franco, 2009), em que o computador central coleta a posição dos atuadores e dos comandos enviados pelo rádio controle.

Todos os dados coletados são armazenados em um cartão de memória no computador central. Após o voo, é possível extrair os dados e realizar os possíveis trabalhos necessários.

Os sistemas são alimentados por meio de baterias de Li-Polymer de 5000 mAh, com tensão de saída de 18.5V. O sistema completo possui três baterias: duas para alimentar os servos que atuam nas superfícies de controles e uma para a alimentação dos sensores e do computador central.

A comunicação entre o piloto e o VECTOR-P é por meio de um raio controle da Spectrun e modelo DX8.

Para que o sistema opere da forma esperada, será programada no cRIO as manobras apresentada anteriormente, então, após o piloto colocar a aeronave em vou reto e nivelado, será enviado o comando para a execução da manobra por meio de um dos canais do rádio.

Na Figura 4 é apresentado o esquemático de ligação entre o computador central e os sensores e atuadores da aeronave.

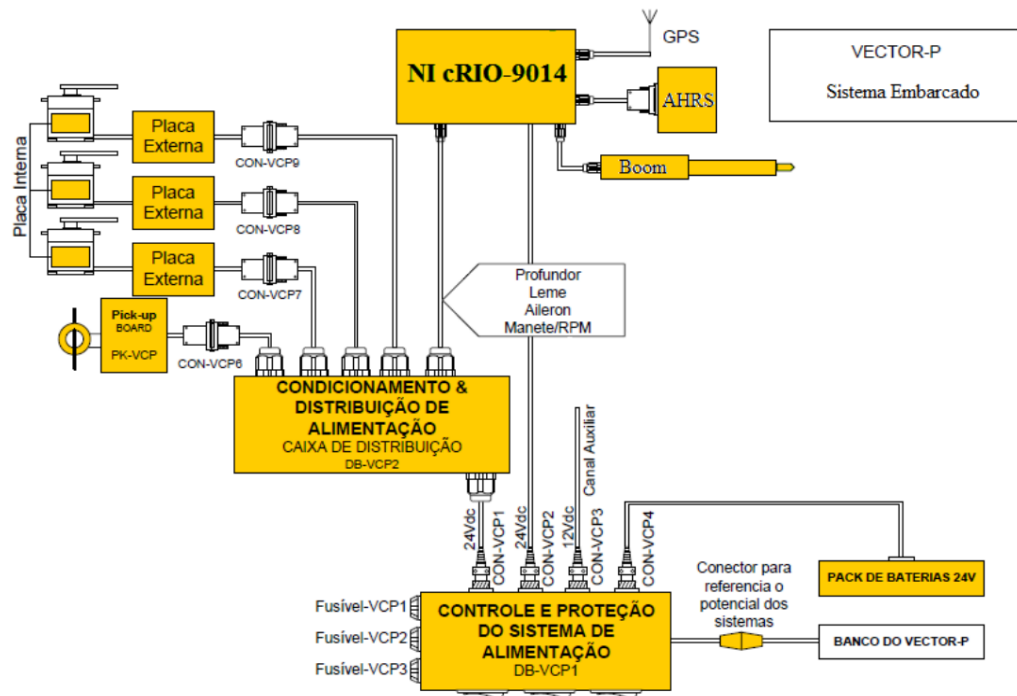


Figura 4. Esquemático do sistema de aquisição de dados do VECTOR-P. (Santos, 2013)

#### 4. RESULTADOS

As manobras apresentadas na Figura 1 já foram realizadas em outro trabalho (Franco, 2009), porém a execução foi realizada pelo piloto em solo. Entretanto, estas manobras não possuem uma precisão de tempo dos comandos, conforme pode ser observado na Figura 5.

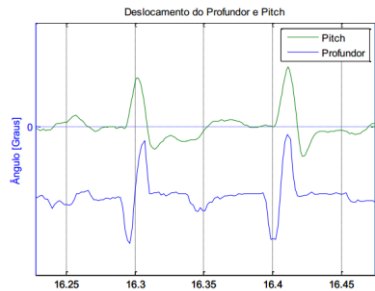


Figura 5. Deslocamento das superfícies de controle, por comandos dados pelo piloto. (Franco, 2009)

A proposta deste trabalho é programar as manobras para a excitação dos modos de voo da dinâmica látero-direcional, porém melhorando a execução das manobras.

Na Figura 6 é apresentado um dos comandos executados no aileron da aeronave. É possível observar a melhora da qualidade dos tempos de execução de cada comando.

Com os dados obtidos será possível criar algoritmos de identificação para obter o modelo aerodinâmico do VECTOR-P.

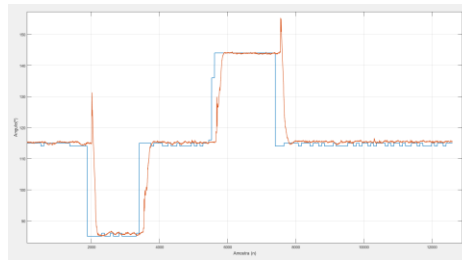


Figura 6. Exemplo de comandos executados em solo.

## 5. CONCLUSÃO

Por meio deste trabalho foi realizado uma revisão nas diferentes manobras apresentadas na literatura e selecionadas as que serão utilizadas para excitar os modos de voo do modelo látero-direcional de um VANT, o VECTOR-P.

Foram apresentados os diferentes componentes que coletam as informações de voo, bem como os comandos enviados, ou pré-programados no computador central.

E, finalmente, foi apresentada a diferença entre os comandos enviados pelo piloto e os que estão programados no computador central.

## 6. REFERÊNCIAS

- Franco, G. D., “Instrumentação e operacionalização de um sistema de ensaios em voo para VANTs (Vector-P)”. 2009. 176f. Tese de Mestrado em Mecânica de Voo – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
- Jategaonkar, R. V., “Flight Vehicle System Identification: A Time Domain Methodology”. Progress in Astronautics and Aeronautics, Vol. 216, AIAA, Reston, VA, 2006.
- Montenegro, J. M. N., “Identificação de Modelos Dinâmicos no Domínio da Frequência Aplicada a Sistemas Aeronáuticos”. 2005, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro
- Santos, J. S., “Identificação e Controle de um Veículo Aéreo Não Tripulado: Vector-P”. 2013. 123f. Tese de Mestrado - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
- Stevens, B.L.; Lewis, F. L., “Aircraft control and simulation”, Hoboken: Wiley-Interscience, 1992.
- United States. Defense United States of America. Joint publication 1-02: department of defense dictionary of military and associated terms, April 2001.

## 7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho

# FLIGHT DATA ACQUISITION SYSTEM OF A UNMANNED AERIAL VEHICLE, VECTOR-P

Fischer Clécio, [cleciofischer@gmail.com](mailto:cleciofischer@gmail.com)  
 Góes Luiz Carlos Sandoval, [lcsgoes@gmail.com](mailto:lcsgoes@gmail.com)  
 Zuñiga David Fernando Castillo, [davidfer888@gmail.com](mailto:davidfer888@gmail.com)

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, 12228-900, São José dos Campos-SP  
 Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, 12228-900, São José dos Campos-SP  
 Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, 12228-900, São José dos Campos-SP

**Abstract.** *The use of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is evolving in many applications, which has attracted more investment in the aviation sector. With the growth of this market, it is necessary that these aircraft to fly without causing accidents.*

*For UAVs fly reliably and safely, you must have a well-designed control, and it needs a model that well represents the flight dynamics.*

*The objective of this study is to detail the components and procedures of a flight of a UAV campaign in which data will be collected to identify the lateral-directional model of the aircraft.*

*The UAV used in this campaign is the VECTOR-P, supplied by IntelliTech® (USA) in 2007, which belongs to the Aeronautical Systems Laboratory (LSA) of the Aeronautics Technological Institute (ITA).*

*For data collection, currently VECTOR-P is equipped with a Compact RIO central computer (cRIO), inertial sensors (Crossbow), anemometer sensors (Air Data Boom) and GPS. It is also equipped with a system developed by the LSA, which collects the position of servants who command the aircraft control surfaces.*

*As the Dynamic aircraft Longitudinal has already been identified in previous works, it is necessary to identify the lateral-directional dynamics to make the vehicle fly with an autopilot.*

*For lateral-directional identification of dynamic excitation modes of the aircraft flight is required. For this purpose the following operations: bank-to-bank roll and Dutch roll, which respectively consist of applying a series of pulses aileron, and the application of a doublet input signal to the aircraft's rudder.*

*These maneuvers can be applied in two different ways, the first directly applied to the radio control by the pilot, or can be pre-programmed into the onboard computer, when the aircraft is in level flight, the maneuver is triggered by radio control.*

*With the completion of the flight, the data obtained will be stored on a memory card, which stores the sensor inputs that are equipping the UAV, as well as the input commands on the control surfaces.*

*After collecting data, the data will be handled and organized so that they can later be used in the survey of the aircraft model.*

*With the data ready, you can create an identification algorithm for lifting the lateral-directional model VECTOR-P*

**Keywords:** acquisition, UAV, Identification