

MVO-31

Laboratório

PEDRO DI DONATO

06/05/2019

Objetivos

Ensaio em Voo C-97 (EMB- 120 Brasília)

Introdução à certificação

Introdução a ensaios em voo

Contato prático com conceitos vistos em sala

Contato com documentos técnicos da aeronave



Agência Força Aérea / © Sgt Johnson

Roteiro

Introdução a Certificação e Ensaaios em Voo

Visão Geral do Voo

Aspectos Teóricos Adicionais

Relatório

Por que desempenho é importante?

PERFORMANCE

Max Cruise Speed	M 0.82
Takeoff field length MTOW, ISA, SL - standard engine	1,915 m
	6,282 ft
Landing Field Length MLW ISA, SL	1,427 m
	4,681 ft
Takeoff Field Length TOW for 500nm, full PAX*, ISA, SL, standard engine	1,372 m
	4,501 ft
Service Ceiling	41,000 ft
Range Full PAX*, LRC, Typical Reserves, 100 nm alternate	2,655 nm
	4,917 km

Na prática é um dos pontos mais importantes na compra de uma aeronave.

* Single class seating, Pax weight = 100 kg = 220 lb

Ref: https://www.embraercommercialaviation.com/wp-content/uploads/2017/06/Embraer_Spec_E195-E2_20180808.pdf

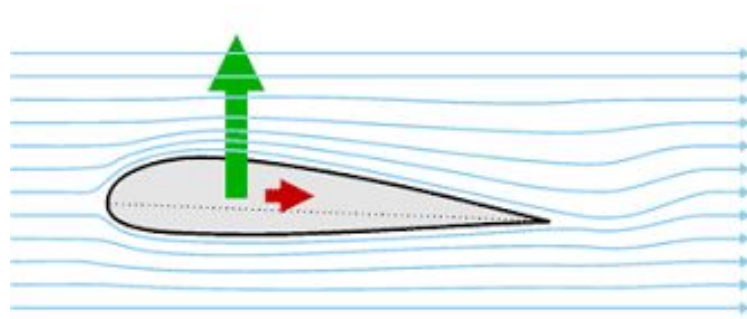
Determinação do Desempenho



Ref: <https://aviationhumor.net/the-four-forces-of-flight/#>

Determinação do Desempenho

PROJETO



REQUISITOS



Requisitos são internacionais

ICAO - International Civil Aviation Organization

Anexo 8 – Airworthiness of Aircraft



*1.2.1 The design aspects of the **appropriate airworthiness requirements**, used by a Contracting State for type certification in respect of a class of aircraft or for any change to such type certification, shall be such that compliance with them will ensure compliance with the Standards of Part II of this Annex and, where applicable, with the Standards of Parts III, IV, V, VI or VII of this Annex*

Brasil – Lei Nº 7.565, 19 DEZ 1986.

Art. 66. Compete à autoridade aeronáutica promover a segurança de voo, devendo estabelecer os padrões mínimos de segurança (...)

Art. 68. A autoridade aeronáutica emitirá certificado de homologação de tipo de aeronave, motores, hélices e outros produtos aeronáuticos que satisfizerem as exigências e requisitos dos Regulamentos (...)

§ 2º A emissão de certificado de homologação de tipo de aeronave é indispensável à obtenção do certificado de aeronavegabilidade. (...)

Regulamentos Brasileiros de Aviação Civil

Art. 66. Compete à autoridade aeronáutica promover a segurança de voo, devendo estabelecer os padrões mínimos de segurança (...)



REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL

RBAC nº 25

EMENDA nº 136

Título:	REQUISITOS DE AERONAVEGABILIDADE: AVIÕES CATEGORIA TRANSPORTE	
Aprovação:	Resolução nº 303, de 5 de fevereiro de 2014, publicada no Diário Oficial da União de 7 de fevereiro de 2014, Seção 1, página 8.	Origem: SAR

Certificado de Tipo

Art. 68. A autoridade aeronáutica emitirá certificado de homologação de tipo de aeronave, motores, hélices e outros produtos aeronáuticos que satisfizerem as exigências e requisitos dos Regulamentos (...)



Ref:

http://www.defesanet.com.br/en/e_embraer/noticia/28559/EMBRAER---E190-E2-Granted-Certification-by-ANAC--FAA-and-EASA/

Requisitos de Projeto

RBAC 23 - Aviões categoria normal, utilidade, acrobática e transporte regional

- Limite 1: 9 Pax ou MTOW = 12,500 lbs
- Limite 2: 19 Pax ou MTOW = 19,000 lbs

RBAC 25 - Aviões categoria transporte

RBAC 27 - Aeronaves de asas rotativas categoria normal

- Limite: 7 Pax ou MTOW = 7,000 lbs

RBAC 29 - Aeronaves de asas rotativas categoria transporte

Existem vários outros requisitos...

RBAC 21 Certificação de Produtos Aeronáuticos

RBAC 36 Requisitos de Ruído para Aeronaves

RBHA 91 Regras gerais de operação para aeronaves civis

RBAC 135 Requisitos operacionais: operações complementares e por demanda.

RBAC 121 Requisitos operacionais: operações domésticas, de bandeira e suplementares.

Nem tudo está no RBAC 25

Lembre-se: **requisitos mínimos**

Focados em segurança não em um “projeto bom”

Exemplo:

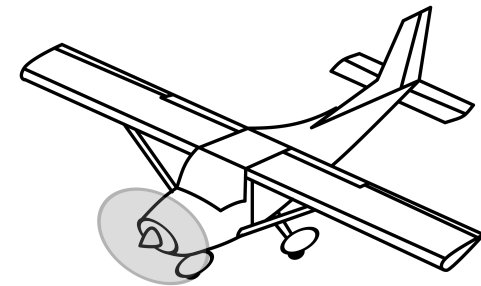
- Muito do desempenho é calculado monomotor
 - Exceção: configuração de pouso (25.119)

Exemplo de Requisito ligado a MVO-31

§ 23.71 Glide: Single-engine airplanes.

The maximum horizontal distance traveled in still air, in nautical miles, per 1,000 feet of altitude lost in a glide, and the speed necessary to achieve this must be determined with the engine inoperative, its propeller in the minimum drag position, and landing gear and wing flaps in the most favorable available position.

[Doc. No. 27807, 61 FR 5187, Feb. 9, 1996]



Exemplo de Requisito aplicável ao EMB 120

Sec. 25.207 - Stall warning.

- (a) **Stall warning** with sufficient margin to prevent inadvertent stalling with **the flaps and landing gear in any normal position** must be **clear and distinctive to the pilot** in straight and turning flight.
- (b) The warning may be furnished either through **the inherent aerodynamic qualities of the airplane or by a device** that will give clearly distinguishable indications under expected conditions of flight. However, a **visual** stall warning device that requires the attention of the crew within the cockpit **is not acceptable by itself**. [If a warning device is used, it must provide a warning in each of the airplane configurations prescribed in paragraph (a) of this section at the speed prescribed in paragraph (c) of this section.]
- (c) The stall warning must begin at a **speed exceeding the stalling speed** (i.e. the speed at which the airplane stalls or the minimum speed demonstrated, whichever is applicable, under the provisions of [Sec. 25.201(d)]) by **seven percent or at any lesser margin** if the stall warning has enough clarity, duration, distinctiveness, or similar properties.

Amdt. 25-42, Eff. 3/1/78

Manual de Voo

Airplane Flight Manual

25.1581 General.

(a) Furnishing information. An Airplane Flight Manual must be furnished with each airplane, and it must contain the following: (...)

25.1583 Operating Limitations

25.1585 Operating Procedures

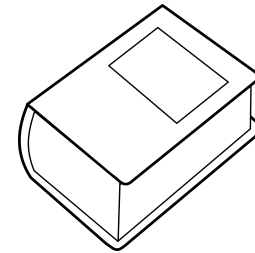
25.1587 Performance Information

(b) Each Airplane Flight Manual must contain the performance information computed under the applicable provisions of this part (including §§25.115, 25.123, and 25.125 for the weights, altitudes, temperatures, wind components, and runway gradients, as applicable) within the operational limits of the airplane, and must contain the following:

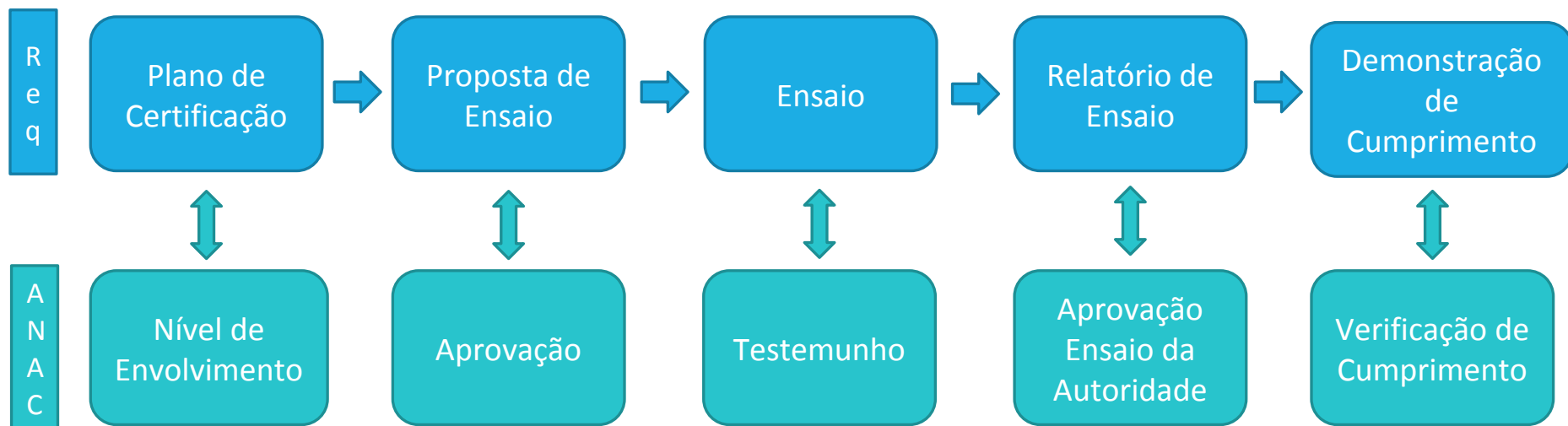
(1) (...)

(2) VSR determined in accordance with §25.103.

(...)



Como se Demonstra Cumprimento?



Elementos para se Fazer um Ensaio



Análise de Risco é Importante!

AIRCRAFT

Gulfstream G650 Crash Report Cites Aggressive Test Program

Report cites performance-oriented culture.

By Bethany Whitfield October 10, 2012

Ref:

<https://www.flyingmag.com/technique/accidents/gulfstream-g650-crash-report-cites-aggressive-test-program>



Ref:

<https://aviation-safety.net/photos/displayphoto.php?id=20110402-0&vnr=4&kind=C>

Visão Geral do Voo

Decolagem

Subida

Desempenho em Curva

Estabilizações

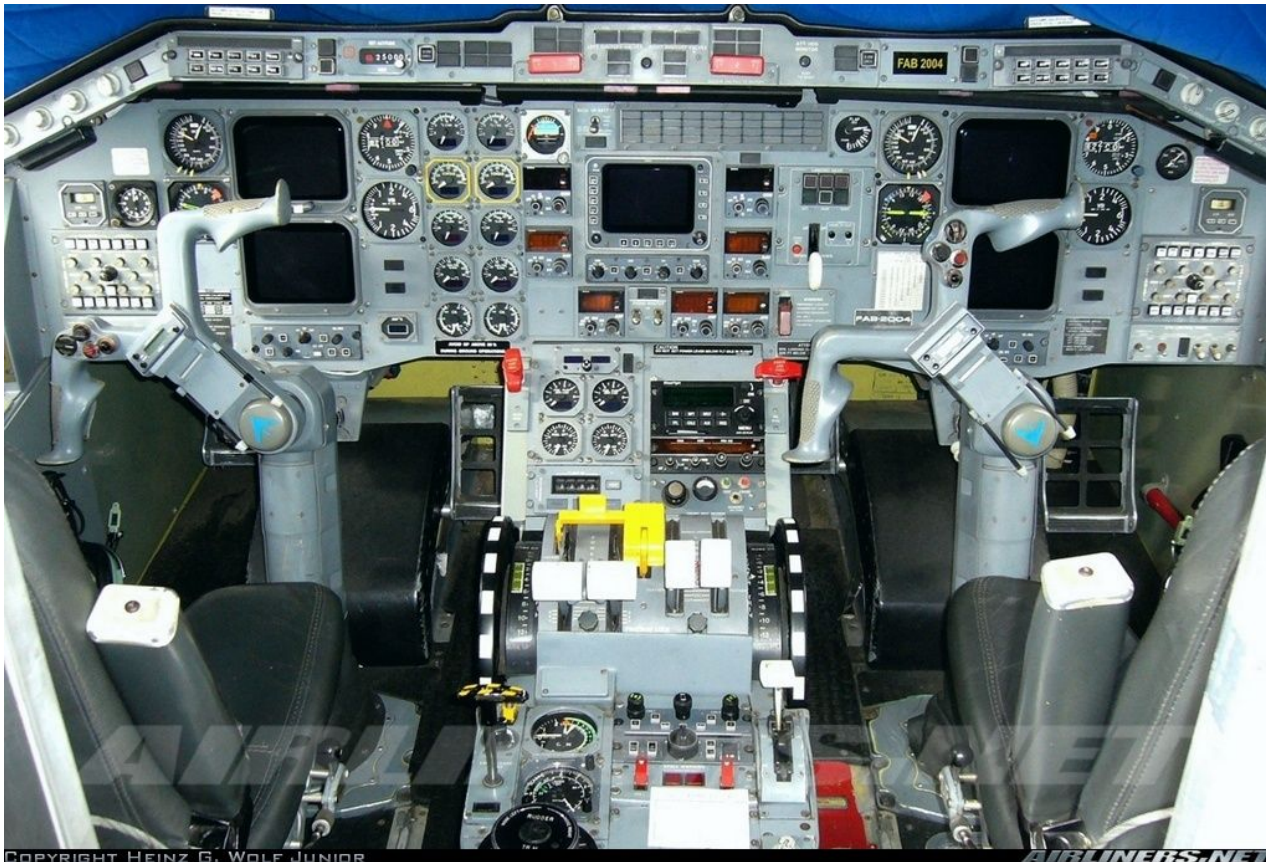
Estol

Pouso



Agência Força Aérea / © Sgt Johnson

Cockpit do C-97



Ref: <https://www.airliners.net/photo/Brazil-Air-Force/Embraer-VC-97-Brasilia-EMB-120RT/2632045>

CARTA DE AERÓDROMO (ADC)
AERODROME CHART (ADC)

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS / Professor Urbano Ernesto Stumpf, INTL (SBSJ)
SP-BRASIL

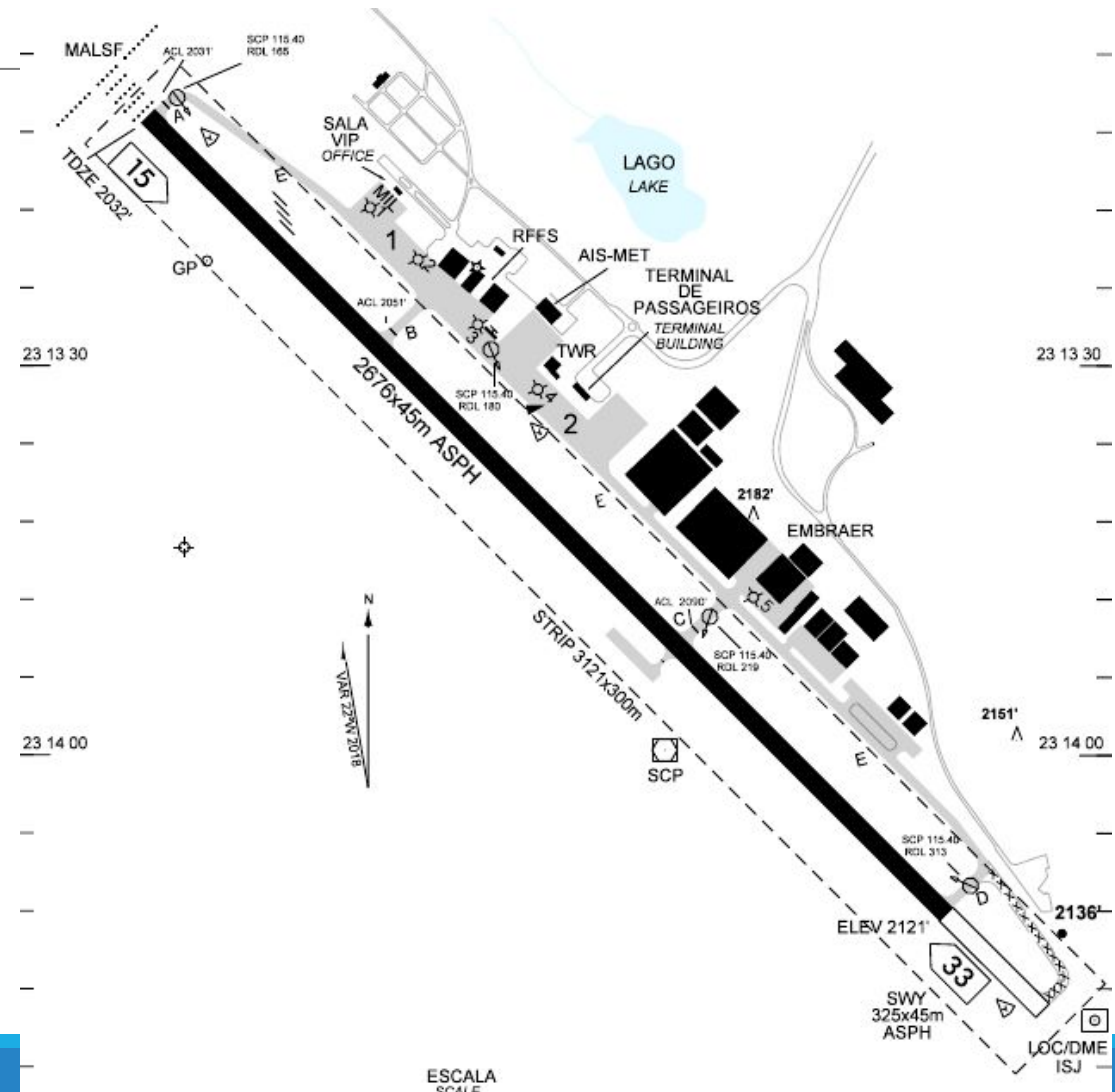
ELEV 2121'

ARP S23 13 44 W045 52 16

ATIS D-ATIS	127 925 INSTL	CLRD	122.50	GNDC	121.95	TWR	118.50 121.50	APRON	NIL
----------------	------------------	------	--------	------	--------	-----	---------------	-------	-----

Aeroporto

Ref: <https://www.aisweb.aer.mil.br/?i=aerodromos&codigo=SBSJ>



Decolagem

Ponto	DECOLAGEM	Prioridade	Mandatário
Objetivo	Permitir que o aluno entre em contato com o manual da aeronave. Colocar o aluno em contato com os requisitos FAR 25 de certificação de decolagem Realizar comparações entre resultado medido em voo e fornecido pelo fabricante.		
Condições Associadas	Flape 15 graus. Ajuste da potência estática para decolagem. Np = 100% Pack – low Bleed – low ou closed + crossbleed (se com APU ligado). Realizar decolagem presa (ASD)	Limites	Tq: 100% ou 110% / 5 min T6: 800 °C ou 816°C / 5min
		Faixa	NIL
		Tolerância	NIL
Execução	1. Na cabeceira : realizar o registro de coordenadas e TOT ; 2. PP da o TOP na soltura dos freios ; 3. PP canta as velocidades de V1, Vr e Vltf ; 4. Alunos registram número de pilones da pista ; 5. PP dá o TOP aos 35ft AGL ; 6. EP registra WPT ao TOP do passo 05		
Anotações	TWR: vento (D/V), Ta, QNH tempo ; Fuel quantity: cabeceira Número de pilones WPT da cabeceira		

Decolagem

Existem vários limites para a decolagem:

Distância de decolagem sem falha de motor

Distância de decolagem com falha de motor

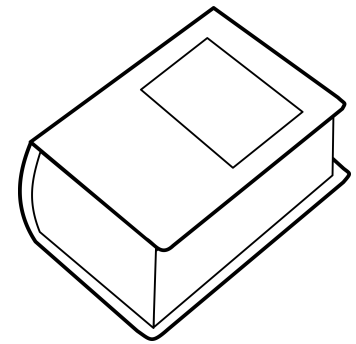
Distância de aceleração e parada

Desempenho de subida

(...)

Ideia do laboratório:

Comparar a decolagem obtida com os dados do manual



Subida

Ponto	02	SUBIDA	Prioridade	Mandatário
Objetivo	Permitir que o aluno entre em contato com o manual da aeronave. Realizar verificação da tabela de desempenho em subida da aeronave.			
Condições Associadas	FL 050 ao FL 140. (QNH 1013) Velocidade: 155 KIAS. TR / FR. Potência de subida. Np inicial = 100% e 90% acima de 12.000ft. Pack – low. Bleed – AUTO.		Limites	Tq: 84%
			Faixa	NIL
			Tolerância	Vi = $\pm 2,5$ kt Tq $\pm 2\%$ (simetria) RDL $\pm 5^\circ$
Execução	Realizar uma subida bimotor para a área de instrução conforme MAVO. EP informa Torque de subida defasados dos níveis de anotação.			
Anotações	A cada 3.000 ft: Tempo, Vi, TOT, DME, OAT, Vz _i , Tq e Np.			

Subida

Desempenho de subida não todos são certificados.

Não estão no Manual de Voo aprovado.

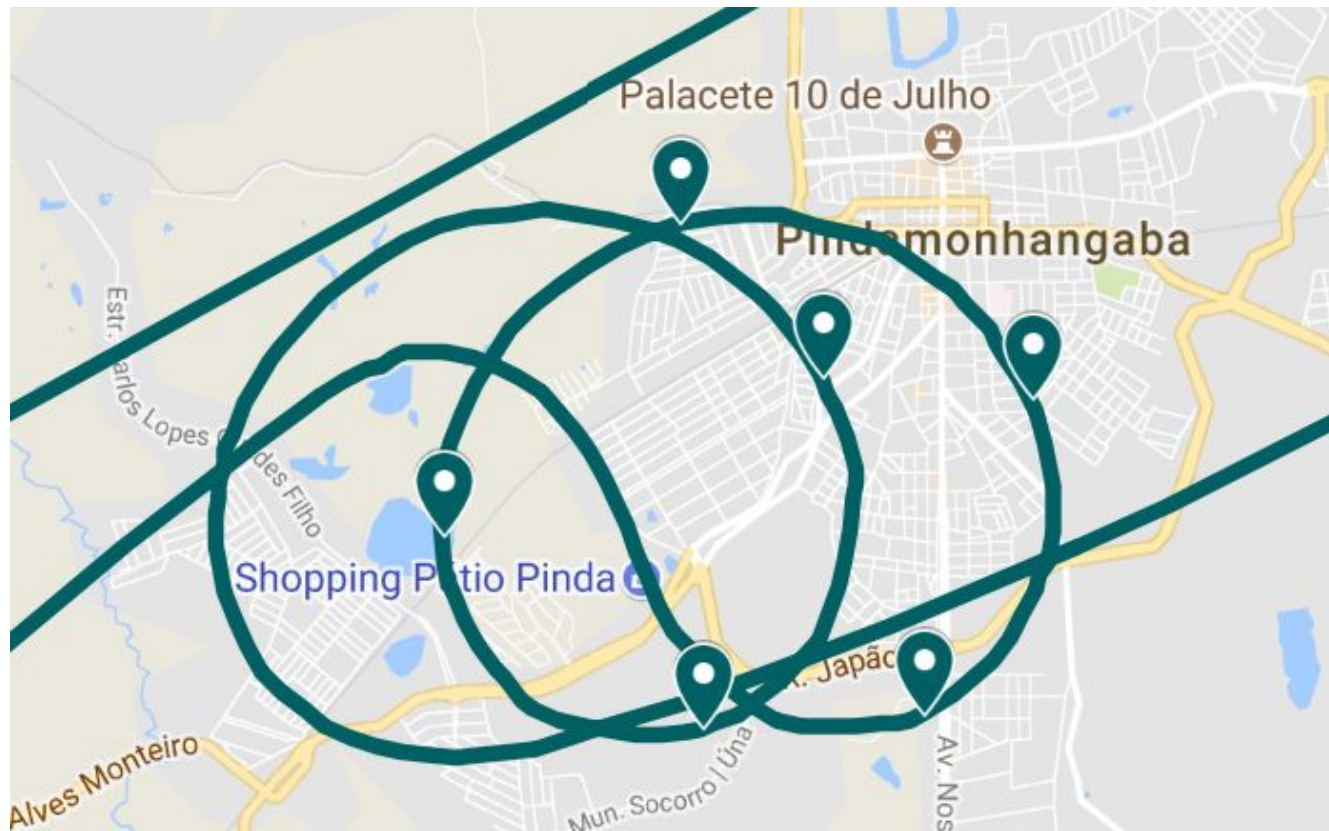
Ideia do laboratório:

Comparar a decolagem obtida com os dados do manual não aprovado

Desempenho em Curva

Ponto	DESEMPENHO EM CURVA	Prioridade	Mandatário
Objetivo	Permitir que o aluno faça a avaliação da performance em curva e compare com o resultado teórico. Analisar o efeito do vento no ensaio Estimar vento		
Condições Associadas	FL 150, TR / FR. Vi = 160 KIAS. Potência necessária ao voo nivelado (torque simétrico $\pm 2\%$) Np = 85%. Pack – norm. Bleed – auto. Curva coordenada	Limites	NIL
		Faixa	Vi = ± 5 kt; Zpi = ± 500 ft.
		Tolerância	Vi = $\pm 2,5$ kt; Zpi = ± 100 ft; $\phi = \pm 5^\circ$ Tq $\pm 2\%$ (Simetria)
Execução	1. $\Delta\psi$ mínimo = 360° 2. Estabilizar em uma curva com $(\phi) = 15^\circ$; 3. Após livre início do ponto o piloto mantém as tolerâncias e canta ϕ , Vi e Zpi a cada 45° ; 4. Ao longo do ponto o EP registra coordenadas (mínimo de uma a cada 45°); 5. Repetir o ponto para $(\phi) = 30^\circ$;		
Anotações	Vi, Zpi, TOT, Tq, Np, tempo, ϕ e proa no início, a cada 45° e no fim do ponto, coordenadas ao longo da trajetória.		

Desempenho em Curva



Desempenho em Curva

Também não é aprovado.

Neste caso também não está nos manuais já que é uma fórmula simples vista em sala:

$$R = \frac{v^2}{g \tan \varphi}$$

Lembre-se: é velocidade real e não indicada!

Desempenho em Curva

Ideia do laboratório:

- Usar dados de GPS e proa verdadeira para plotar a circunferência.
- Comparar o raio esperado contra esta medida.

Estabilizações

Ponto	ESTABILIZAÇÕES	Prioridade	Mandatário
Objetivo	Obter máximo alcance e máxima autonomia da aeronave Comparar resultados obtidos com o manual de voo Apresentar aos alunos o conceito de expansão e uso e validação de hipóteses Obter a polar da aeronave em uma configuração Estimar a velocidade de máxima razão de subida e velocidade de máxima rampa aerodinâmica		
Segurança	Aumentar a Np para 100% apenas com manete de potência em IDLE.		
Condições Associadas	FL 150. TR/FR $V_i = 1,15V_{pusher}/140 \text{ KIAS} / 150 \text{ KIAS} / 160 \text{ KIAS} / 170 \text{ KIAS} / 180 \text{ KIAS} / 200 / \text{VH}$ Potência necessária ao voo nivelado (manter torque simétrico $\pm 2\%$). Np = 85% (TR), 100% (TB) Pack – norm Bleed – auto	Limites	TB: 200 KIAS; F15: 200 KIAS; F25: 150 KIAS; F45: 135 KIAS.
		Faixa	$V_i = \pm 5 \text{ kt}$; $Z_{pi} = \pm 500 \text{ ft}$.
		Tolerância	$V_i = \pm 2,5 \text{ kt}$; $Z_{pi} = \pm 100 \text{ ft}$ $T_q = \pm 2\%$ (Simetria)
Execução	1. O PP <u>trima</u> a aeronave nas condições previstas; 2. O piloto fornece o TOP da pré-estabilização; 3. O EP gerencia o ponto para que a pré-estabilização contabilize 30s e a estabilização 2 minutos (coletando dados a cada 30s)		
Anotações	<u>tempo</u> , <u>V_i</u> , <u>Z_{pi}</u> , <u>T_q</u> , Np, OAT, <u>C_i</u> , TOT a cada 30s		

Estabilizações

Ideia do laboratório:

Tirar a polar de arrasto da aeronave usando dados de voo e um modelo de tração

Com estes valores estimar outros dados como melhor alcance, melhor autonomia, etc.

Estol (Stall)

Ponto	ESTOL	Prioridade	Desejável
Objetivo	Motivar os alunos para a cadeira de MVO-41 Comparar o resultado obtido com o Manual de Voo		
Segurança	Atentar para limite de torque do motor na recuperação do estol. Altura mínima para início de recuperação do estol é 8.000 ft AGL. Recuperar na <u>V_{pusher}</u> prevista, mesmo que o <u>pusher</u> não atue. Aumentar a Np para 100% apenas com manetes de potência em IDLE.		
Condições Associadas	FL 150. <u>V_{trim}</u> = 1,3 <u>V_s</u> (Figs. 5-5 e 5-6). TR/FR, TB/F45. Potência mínima. Np = 85% (TR) e Np = 100% (TB). Pack – norm <u>Bleed</u> – auto CG: dianteiro / traseiro	Limites	TB: 200 KIAS; F15: 200 KIAS; F25: 150 KIAS; F45: 135 KIAS. <u>V_{min}</u> : <u>V_{pusher}</u>
		Faixa	<u>Z_{pi}</u> = ± 1000 ft.
		Tolerância	NIL
Execução	1. O EP apresenta ao PP os valores de 1,3 <u>V_s</u> , a <u>V_{shaker}</u> e a <u>V_{pusher}</u> em KIAS; 2. PP <u>trima</u> a aeronave a 1,3 <u>V_s</u> e realiza aproximação gradual (eficiência de comandos); 3. PP <u>trima</u> a 1,3 <u>V_s</u> e reduz a velocidade a 1m/s; 4. EP controla a razão de redução de velocidade; 5. Recuperação do Estol conforme previsto no Manual da Aeronave.		
	TOT, <u>V_{trim}</u> , <u>V_i</u> , <u>V_{buf}</u> , <u>V_{shk}</u> , <u>V_{psh}</u> , <u>Z_{pi}</u> início da recuperação e <u>Z_{pi}</u> final da recuperação.		

Estol (Stall)

Ideia do laboratório:

- Verificar efeito do *shaker* e *pusher*
- Comparar os resultados com aqueles publicados no manual de voo

Pouso

Ponto	POUSO	Prioridade	Mandatário
Objetivo	Permitir que o aluno entre em contato com o documento técnico da aeronave Colocar o aluno em contato com os requisitos FAR 25 de certificação de pouso Realizar verificação da tabela de desempenho em pouso da aeronave		
Segurança	Não realizar pouso sem <u>flapes</u> ou monomotor como pouso final. Atentar para o <u>Tg</u> máximo no tráfego monomotor simulado.		
Condições Associadas	Conforme MAVO. Câmera GO-Pro filmando ambiente de cabine (manetes, manche e operação do <u>steering</u>)	Limites	TB: 200 KIAS; F15: 200 KIAS; F25: 150 KIAS; F45: 135 KIAS. <u>Tg</u> : 100% ou 110% / 5 min
		Faixa	NIL
		Tolerância	NIL
Execução	1. Mantendo uma rampa de 3° (GS) ou PAPI, prosseguir para pouso em um ponto pré-determinado; 2. Após toque o PP dá o TOP e o EP registra o WPT; 3. PP realiza pouso conforme MAVO ou UA; 4. Após parada completa da aeronave o piloto dá o TOP final e o EP registra o WPT.		
Anotações	Tempo, velocidade, coordenadas.		

Pouso - Similar à Decolagem

Existem vários limites para a pouso:

Gradiente de subida de arremetida

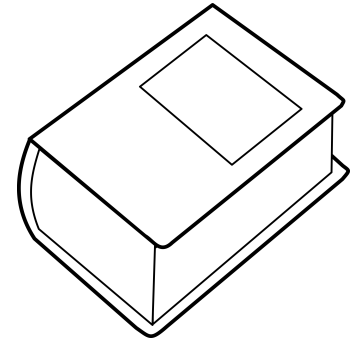
Gradiente de subida de pouso

Distancia de pista

Máxima energia de freio

Ideia do laboratório:

Comparar o pouso obtido com os dados do manual



Próxima Aula - Teoria

- Velocidades Aerodinâmicas
- Desempenho em Cruzeiro
- Latitude e Longitude
- Desempenho em Curva