



Parabéns! Você acaba de ter acesso a Versão Anotação dos Slides que fazem parte do Sistema de Ensino da Espaço Aéreo, presente nas principais Universidades, CIACs e Escolas de Aviação do Brasil.

Esse conteúdo foi desenvolvido usando metodologias ativas, gamificadas e conceitos de Sala Invertida, tudo para garantir que o aprendizado possibilite você a conectar a teoria com a prática.



## SISTEMA DE ENSINO PARA AVIAÇÃO: FERRAMENTAS LÚDICAS QUE CONECTAM A TEORIA COM A PRÁTICA.

O futuro já chegou na sua aula. Tenho acesso a versão animada dos slides, vídeos de até 20 minutos de todo conteúdo, e-books, mapas mentais, estudos de caso, simulados, resumos, jogos e muito mais.

Verifique com seu professor o link de acesso específico para o material do seu curso ou então conheça todas nossas soluções em:

# WWW.ESPACOAREO.COM



GAMIFICAÇÃO



METODOLOGIAS ATIVAS



ESTUDOS DE CASO



SALA INVERTIDA



1

---

---

---

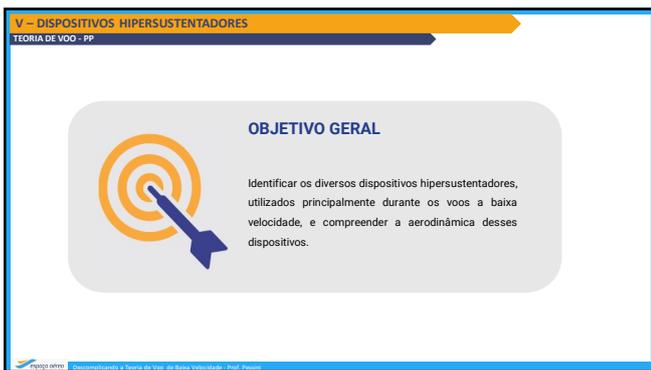
---

---

---

---

---



2

---

---

---

---

---

---

---

---



3

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 - FLAPE**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

1) Qual é a função do flape?

→ Alterar o formato do perfil aerodinâmico.  
→ Aumentar a curvatura (Arqueamento ou Camber).

4

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 - FLAPE**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

SEM FLAPE

COM FLAPE

→ Aumentar

- ☞ Coeficiente de Sustentação ( $C_L$ )
- ☞ Coeficiente de Arrasto ( $C_{D_{total}}$ )

→ Reduzir

- ☞ Velocidade de Estol
- ☞ Ângulo Crítico.

Formato e ângulo de ataque

Devido ao aumento do CL

$$L = \frac{1}{2} \rho V_{st}^2 S_w C_L$$

Devido ao turbilhamento no bordo de fuga

5

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 - FLAPE**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

**RAIZ DA ASA**

6

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 - FLAPE**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

Créd. V



**FLAPERON**

© 2007 Ediciones Universidad de Navarra. Facultad de Ingeniería. Tema 1.1.1. Flapes. Página 108 de 107

7

---

---

---

---

---

---

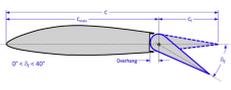
---

---

**1 - FLAPE**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

Créd. V

1.1.1 - Flape simples

© 2007 Ediciones Universidad de Navarra. Facultad de Ingeniería. Tema 1.1.1. Flapes. Página 107

8

---

---

---

---

---

---

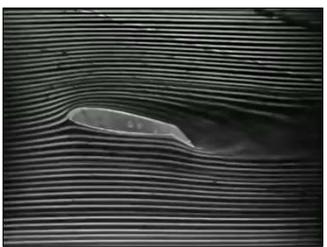
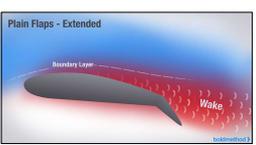
---

---

**1 - FLAPE**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

Créd. V

1.1.1 - Flape simples

© 2007 Ediciones Universidad de Navarra. Facultad de Ingeniería. Tema 1.1.1. Flapes. Página 107

9

---

---

---

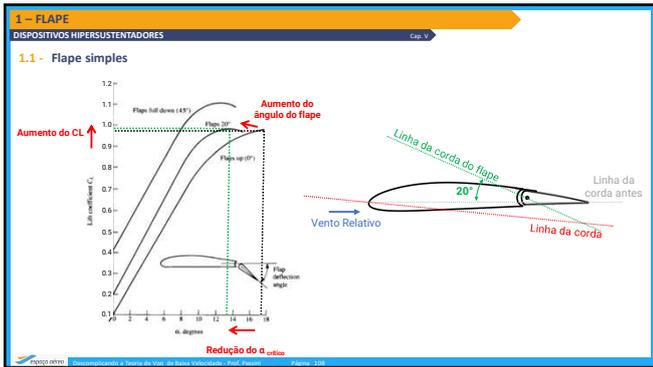
---

---

---

---

---



10

---

---

---

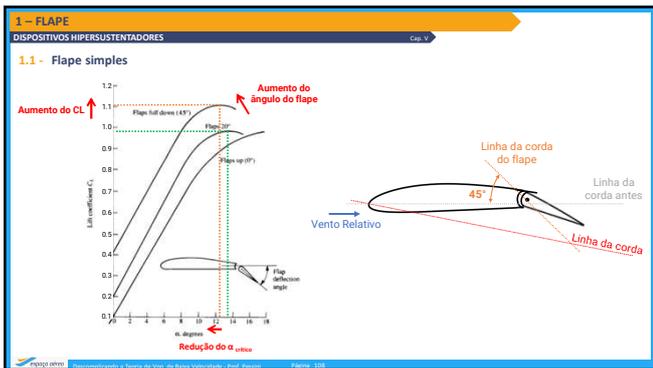
---

---

---

---

---



11

---

---

---

---

---

---

---

---



12

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 - FLAPE**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

1.2 - Flape com fenda




- Abertura de uma fenda.
- Aumenta o ângulo de ataque, mas ainda diminui o crítico.
- Aumenta a curvatura do perfil.

UNICAMP - UNICAMP - Departamento de Física de São Carlos - Prof. Dr. Renato - Física - 108 e 109

13

---

---

---

---

---

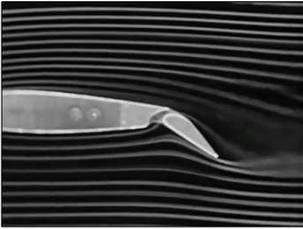
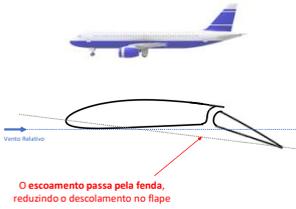
---

---

---

**1 - FLAPE**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

1.2 - Flape com fenda

O escoamento passa pela fenda, reduzindo o descolamento no flape

UNICAMP - UNICAMP - Departamento de Física de São Carlos - Prof. Dr. Renato - Física - 108 e 109

14

---

---

---

---

---

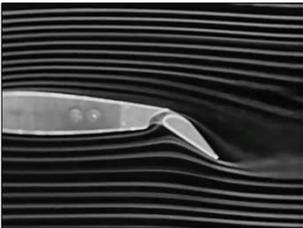
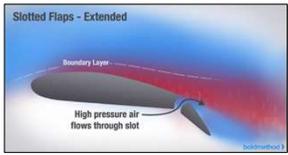
---

---

---

**1 - FLAPE**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

1.2 - Flape com fenda

Slotted Flaps - Extended

Boundary Layer

High pressure air flows through slot

UNICAMP - UNICAMP - Departamento de Física de São Carlos - Prof. Dr. Renato - Física - 108 e 109

15

---

---

---

---

---

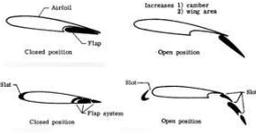
---

---

---

1 - FLAPE  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

1.3 - Flape fowler



Increases <sup>1</sup> camber  
<sup>2</sup> wing area

- Abertura de uma ou mais fendas.
- Aumenta a curvatura do perfil.
- **Aumenta a área do aerofólio.**

! (Warning icon)

Copyright © 2010. Desenvolvimento e Teoria de Voo de Alta Velocidade - Prof. Dr. Renato - Página: 109 de 110

16

---

---

---

---

---

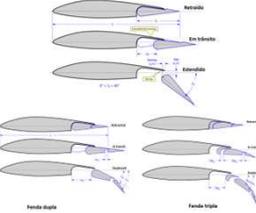
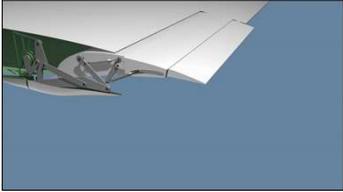
---

---

---

1 - FLAPE  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

1.3 - Flape fowler



Copyright © 2010. Desenvolvimento e Teoria de Voo de Alta Velocidade - Prof. Dr. Renato - Página: 109 de 110

17

---

---

---

---

---

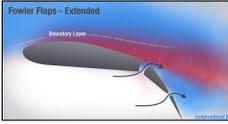
---

---

---

1 - FLAPE  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

1.3 - Flape fowler



Fowler Flaps - Extended

Boundary Layer

Copyright © 2010. Desenvolvimento e Teoria de Voo de Alta Velocidade - Prof. Dr. Renato - Página: 109 de 110

18

---

---

---

---

---

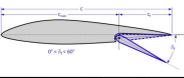
---

---

---

1 - FLAPE  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

1.4 - Flape ventral



19

---

---

---

---

---

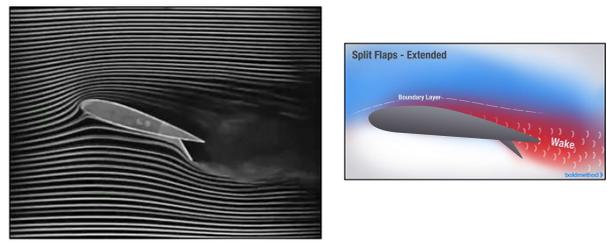
---

---

---

1 - FLAPE  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

1.4 - Flape ventral



Split Flaps - Extended

Boundary Layer

Wake

20

---

---

---

---

---

---

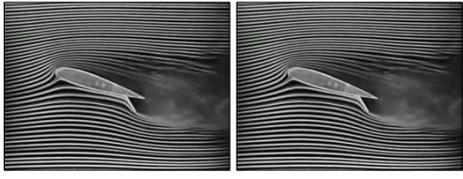
---

---

1 - FLAPE  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

1.4 - Flape ventral

Observe que o flape ventral produz **mais arrasto** do que o flape simples!



Flape ventral

Flape simples



21

---

---

---

---

---

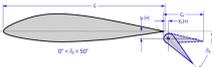
---

---

---

**1 - FLAPE**  
**DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES** Cap. V

1.5 - Outros tipos de flapes  
 → Junker

**MECANISMO SIMPLES**

Copyright © 2010. Desenvolvimento e Ensino de Pós-Graduação de Engenharia de Aviação - Prof. Dr. Renato - Página: 111

22

---

---

---

---

---

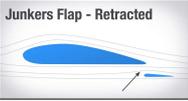
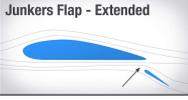
---

---

---

**1 - FLAPE**  
**DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES** Cap. V

1.5 - Outros tipos de flapes  
 → Junker

**Maior CL e CD do que os flapes simples e ventral.**

Copyright © 2010. Desenvolvimento e Ensino de Pós-Graduação de Engenharia de Aviação - Prof. Dr. Renato - Página: 111

23

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 - FLAPE**  
**DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES** Cap. V

1.5 - Outros tipos de flapes  
 → Gurney




Copyright © 2010. Desenvolvimento e Ensino de Pós-Graduação de Engenharia de Aviação - Prof. Dr. Renato - Página: 111

24

---

---

---

---

---

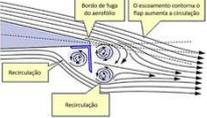
---

---

---

1 - FLAPE  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

1.5 - Outros tipos de flapes  
→ Gurney



Copyright © 2010. Desenvolvimento e Treino de Voo de Baixa Velocidade - Prof. Paulo - Página: 112

25

---

---

---

---

---

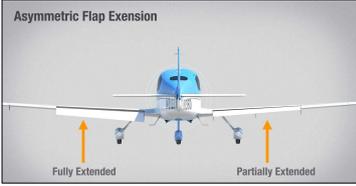
---

---

---

1 - FLAPE  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

Asymmetric Flap Extension



2) E se, nos flapes móveis, houver uma assimetria?



Copyright © 2010. Desenvolvimento e Treino de Voo de Baixa Velocidade - Prof. Paulo - Página: 112

26

---

---

---

---

---

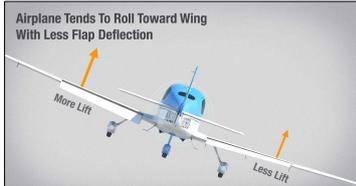
---

---

---

1 - FLAPE  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

Airplane Tends To Roll Toward Wing With Less Flap Deflection



Copyright © 2010. Desenvolvimento e Treino de Voo de Baixa Velocidade - Prof. Paulo - Página: 112

27

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 - FLAPE**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

Use Opposite Aileron To Counteract Roll Force From Flaps

Up Aileron  
Down Aileron

**WARNING!**

Há possibilidade do momento do aileron não consiga contrabalançar o momento do flape!

28

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 - FLAPE**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

3) Há alteração significativa em asas enfechadas?

29

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 - FLAPE**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

$$L = \frac{1}{2} \rho V_A^2 S W C_L$$

4) O enfechamento modifica mais alguma coisa?

30

---

---

---

---

---

---

---

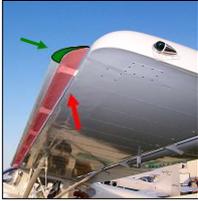
---

**2 - SLOT**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

Cap. 2



SLAT → Superfície  
SLOT → Fenda



5) Como eu consigo aumentar o ângulo de ataque crítico?



© 2007 Edições Departamento de Física da Universidade - Prof. Paulo Página: 114 de 115

31

---

---

---

---

---

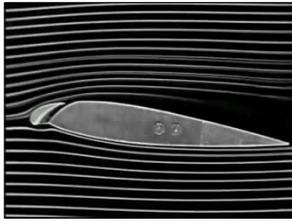
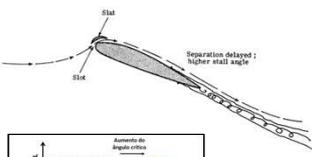
---

---

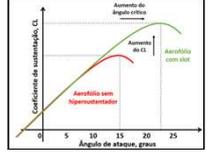
---

**2 - SLOT**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

Cap. 2

Separation delayed i higher stall angle



Aumento do ângulo crítico  
Aumento de  $C_L$   
Aerofólio sem hipersustentador  
Aerofólio com slot

© 2007 Edições Departamento de Física da Universidade - Prof. Paulo Página: 114 de 115

32

---

---

---

---

---

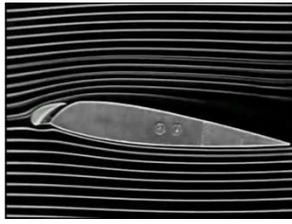
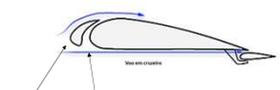
---

---

---

**2 - SLOT**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

Cap. 2

SLAT fixo (SLOT fixo) → MAIOR arrasto no voo horizontal



© 2007 Edições Departamento de Física da Universidade - Prof. Paulo Página: 114 de 115

33

---

---

---

---

---

---

---

---

**3 - SLAT**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

Cap. V

SLAT móvel (SLOT móvel) → MENOR arrasto no voo horizontal

34

---

---

---

---

---

---

---

---

**3 - SLAT**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

Cap. V

SLAT FECHADO → Menor  $C_{L_{máx}}$  e  $\alpha_{Crítico}$

SLAT ABERTO → Maior  $C_{L_{máx}}$  e  $\alpha_{Crítico}$

Recubrida      Configuração de passo

Configuração de ataque      Configuração de passo  $\alpha^* = 15^\circ$

35

---

---

---

---

---

---

---

---

**3 - SLAT**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

Cap. V

**Flape Krüger**

→ Geralmente utilizado na raiz da asa

Without Krüger Flap  $\alpha = 17^\circ$

With Krüger Flap  $\alpha = 17^\circ$

Deployed      In transit      Retracted

EXTRA

36

---

---

---

---

---

---

---

---

**3 - SLAT**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

→ Flape Krüger

O Krüger foi recolhido para **reduzir a sustentação** e **melhorar a frenagem no solo**




EXTRA

UNICAMP 2019 | Desenvolvimento e Teoria do Voo de Alta Velocidade - Prof. Paulo | Página: 114 e 116

37

---

---

---

---

---

---

---

---

**3 - SLAT**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES



**SLOT** nas pontas das asas → Evitar estol na região do aileron



UNICAMP 2019 | Desenvolvimento e Teoria do Voo de Alta Velocidade - Prof. Paulo | Página: 114

38

---

---

---

---

---

---

---

---

**4 - RETARDADORES DE ESTOL**  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

→ Gerador de vórtice (vortex generator)





⇒ Evitar estol de ponta de asa  
⇒ Aumentar o  $\alpha_{Crítico}$

UNICAMP 2019 | Desenvolvimento e Teoria do Voo de Alta Velocidade - Prof. Paulo | Página: 114 e 117

39

---

---

---

---

---

---

---

---



4 - RETARDADORES DE ESTOL  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

→ Gerador de vórtice (vortex generator)



Copyright © 2009. Documentación e Ingeniería de Avión de Alta Velocidad - Prof. Dr. Juan Carlos Rodríguez - Página: 118 de 122

43

---

---

---

---

---

---

---

---

4 - RETARDADORES DE ESTOL  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

→ Vortilon



Copyright © 2009. Documentación e Ingeniería de Avión de Alta Velocidad - Prof. Dr. Juan Carlos Rodríguez - Página: 118 de 122

44

---

---

---

---

---

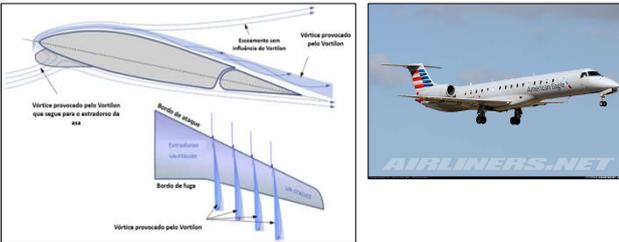
---

---

---

4 - RETARDADORES DE ESTOL  
DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES

→ Vortilon



Copyright © 2009. Documentación e Ingeniería de Avión de Alta Velocidad - Prof. Dr. Juan Carlos Rodríguez - Página: 118 de 122

45

---

---

---

---

---

---

---

---



**Dispositivos Hipersustentadores**

- SLAT e a superfície.
- Localizados no bordo de ataque.
- Podem ser móveis ou fixos.
- Se for fixo, aumenta o arrasto durante o voo de cruzeiro.
- Não modifica o formato do perfil.
- Aumenta o ângulo crítico.
- Aumenta o Coeficiente de Sustentação.
- Reduz a velocidade de estol.
- Suaviza o escoamento no estolador em grandes ângulos de ataque.

**Dispositivos Hipersustentadores**

- SLAT e a flapa.
- Localizados entre as superfícies.
- Podem ser móveis ou fixos, dependendo a superfície.
- Podem ser fixos ou parcialmente fixos.
- Aumenta o Coeficiente de Sustentação.
- Aumenta o ângulo crítico.
- Funciona como uma passagem para o escoamento.
- Suaviza o escoamento no estolador da superfície.

**FLAPE** é localizada no bordo de fuga.

- Próximo à borda de fuga.
- Flape simples, com flapa, ventral, fixa ou, entre outros.
- Flape Fowler e o cinco que aumenta área da asa.
- Todos modificam o formato do perfil.
- Aumenta a sustentação.
- Aumenta o Coeficiente de Sustentação.
- Aumenta o Arrasto indesejado.
- Serve como freio aerodinâmico.
- Diminui a Velocidade de Estol.
- Diminui o Ângulo Crítico.
- Há um turbilhão no bordo de fuga.

**Alguns dispositivos que funcionam de forma semelhante ao Gerador de Vórtices**

- **Vortex**
- **Engine Strakes**

Para evitar estol de ponta de asa, alguns avião de grande porte, Acumulado flap pode não ser compensado pelo aileron (ATENÇÃO)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

49

**Simulado**

Tempo Máximo de Duração: 00:10  
Não Vale Nota

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

50

**Exercício**

Clique no botão Exercício para editar este objeto

O dispositivo hipersustentador é utilizado para aumentar a sustentação da asa e diminuir a velocidade de estol, o que auxilia nos procedimentos de pouso e decolagem do avião. Tendo ciência disso, o dispositivo que se localiza no bordo de fuga do aerofólio é chamado de: (Capítulo 5.1)

Slat

Vortex

Spoiler

Flape

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

51



52

---

---

---

---

---

---

---

---



53

---

---

---

---

---

---

---

---



54

---

---

---

---

---

---

---

---

 **Objeto WEB**

Selecione este objeto e clique no botão **Botão Objeto da Web** para editar



55

---

---

---

---

---

---

---



## Feedback

Acesse a plataforma e responda o feedback

- Seja honesto
- Não precisa se identificar
- Fique a vontade para sugestões e críticas.

56

---

---

---

---

---

---

---

 **Objeto WEB**

Selecione este objeto e clique no botão **Botão Objeto da Web** para editar



57

---

---

---

---

---

---

---