



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

SAE AERODESIGN 2007



Professor Orientador: André Valdetaro

Gomes Cavalieri

Gustavo Oliveira Violato Joaquim Neto Dias

Alex Sandro Maia

Leandro Resende de Pádua

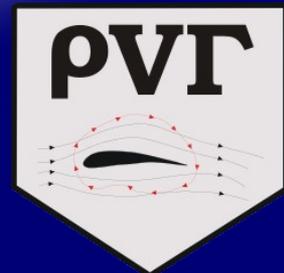
Fernandes

Ney Rafael Secco

Eduardo Rodrigues Pocró Rodrigo Badia Piccinini

Felipe Carvalho Martins Vitor Gabriel Kleine

Flávio Luiz Cardoso



14

HoverGama



1. Projeto
Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e
Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

PROJETO CONCEITUAL



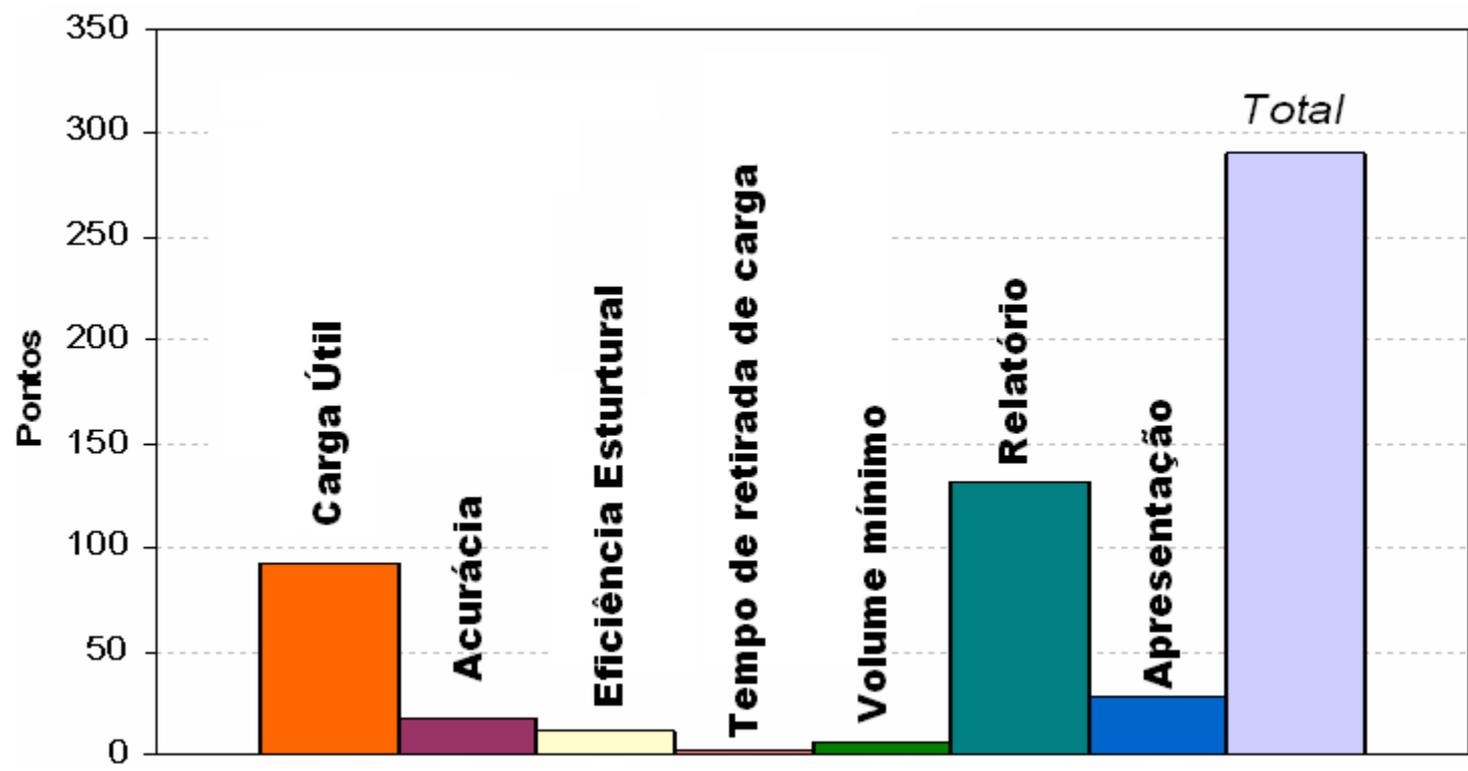
PROJETO CONCEITUAL



PRÉ-PROJETO

- 1. Projeto Conceitual
 - 1.1. Pré-Projeto
 - 1.2. Metodologia de Projeto
- 2. Aerodinâmica
- 3. Cargas e Estruturas
- 4. Estabilidade
- 5. Controle
- 6. Desempenho

- Missão da aeronave
 - Transporte de Carga
 - Maximizar pontuação
- Restrições
 - Cumprir itens do regulamento
 - Confiabilidade





PROJETO CONCEITUAL

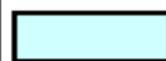


PRÉ-PROJETO

1. Projeto Conceitual
 - 1.1. Pré-Projeto
 - 1.2. Metodologia de Projeto
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho Pontual

Aviões Frágeis

Massa do avião vazio (Kg)	Carga Útil (Kg)				
	10	11	12	13	14
	Pontos de Carga + Eficiência Estrutural				
2,00	115,6	146,7	192,8	263,6	375,2
2,25	100,4	119,9	145,7	181,5	232,9
2,50	93,1	107,5	125,2	147,5	176,9
2,75	89,1	101,1	114,9	131,1	151,0
3,00	86,7	97,4	109,1	122,3	137,5
3,25	85,2	95,1	105,6	117,1	129,8
3,50	84,2	93,6	103,4	113,8	125,1
3,75	83,5	92,5	101,9	111,7	122,0
4,00	82,9	91,8	100,8	110,2	119,9
4,25	82,5	91,2	100,0	109,1	118,5
4,50	82,2	90,8	99,5	108,3	117,4



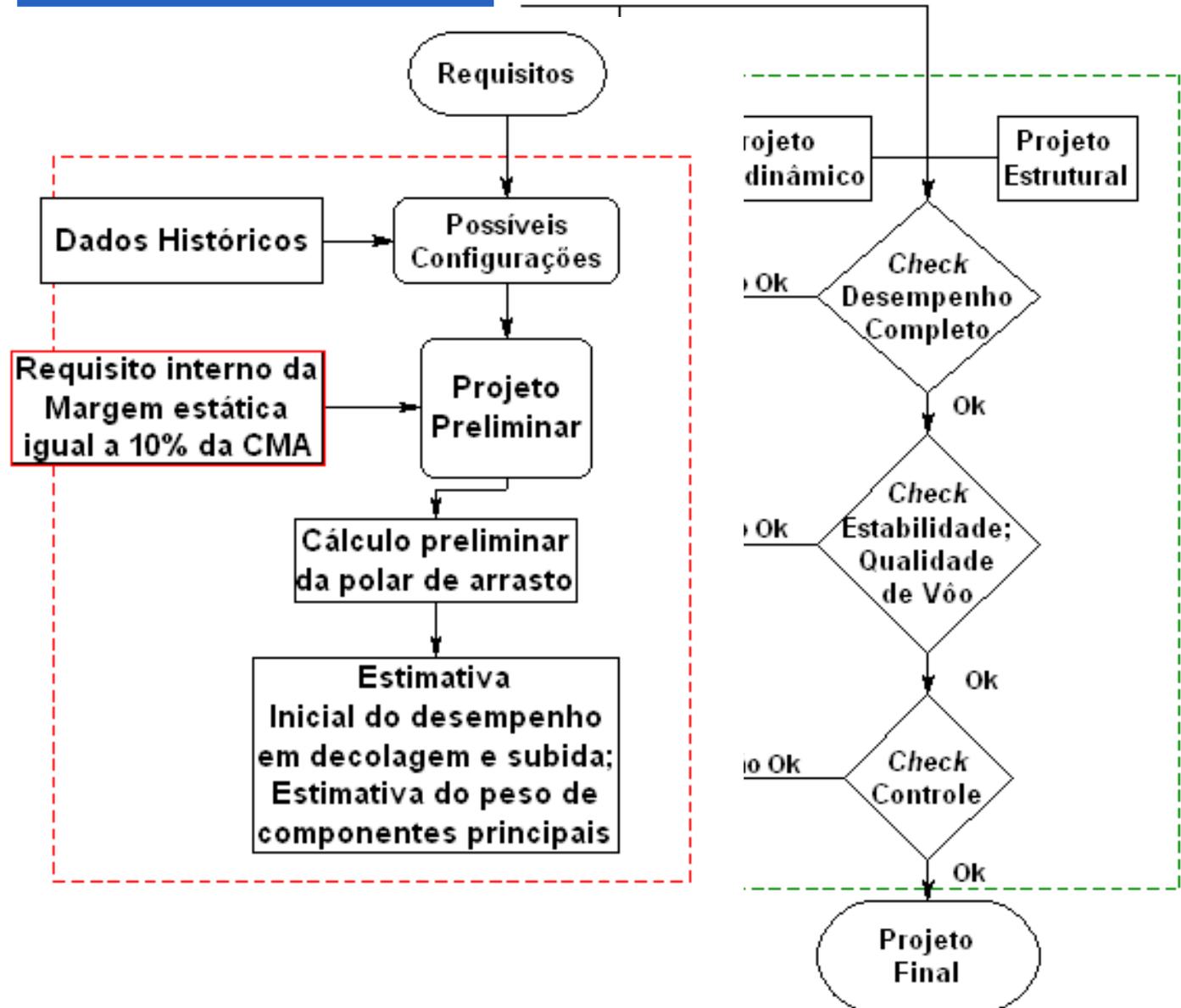
Zona de pontuação competitiva



1° Colocado Aero/2006

Objetivo de projeto

METODOLOGIA DE PROJETO



1. Projeto Conceitual
 - 1.1. Pré-Projeto
 - 1.2. Metodologia de Projeto
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho



PROJETO CONCEITUAL



1. Projeto Conceitual

1.1. Pré-Projeto

1.2. Metodologia de Projeto

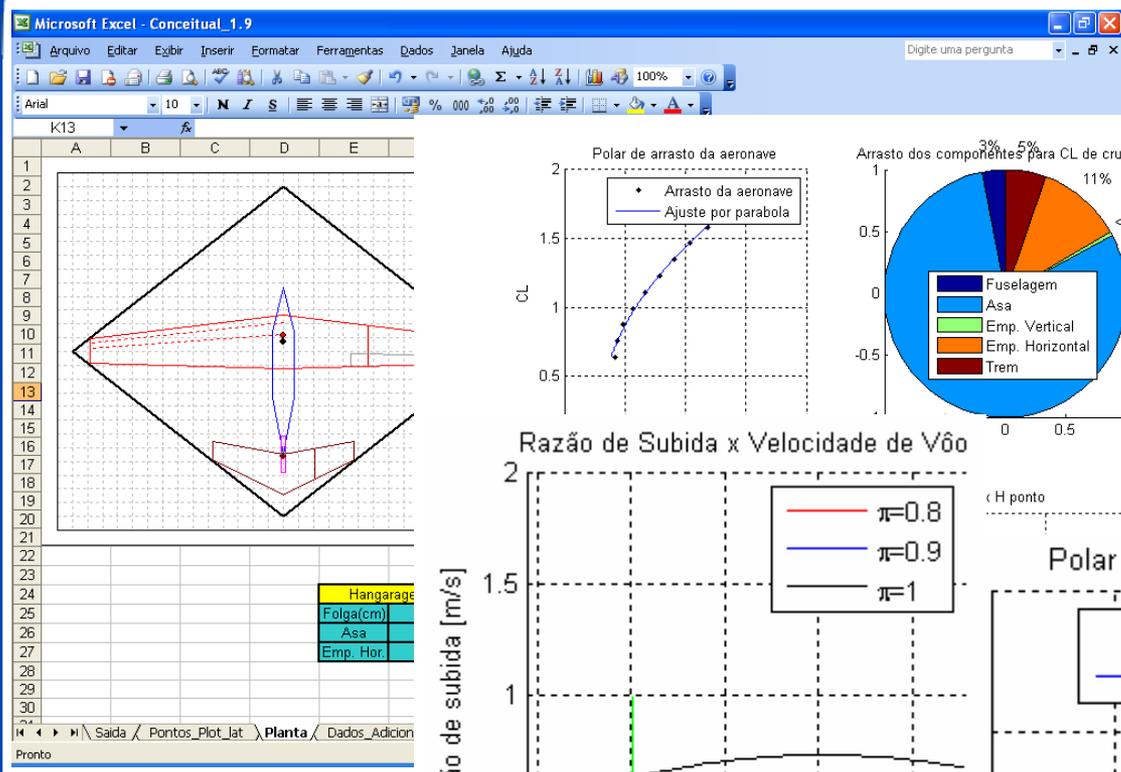
2. Aerodinâmica

3. Cargas e Estruturas

4. Estabilidade

5. Controle

6. Desempenho

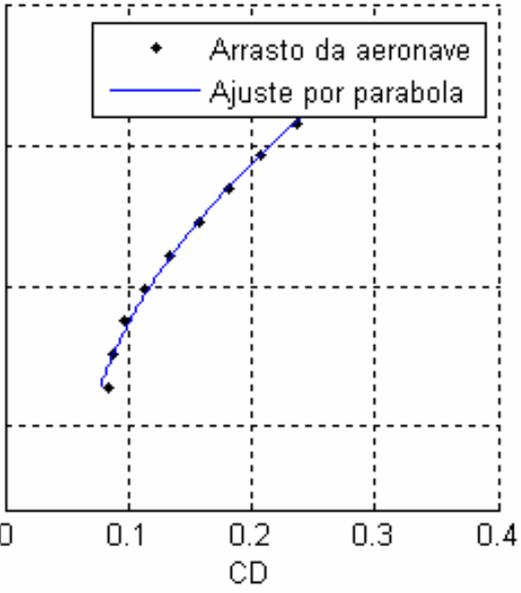
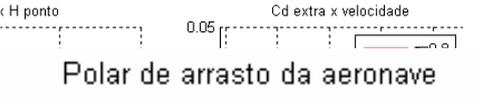
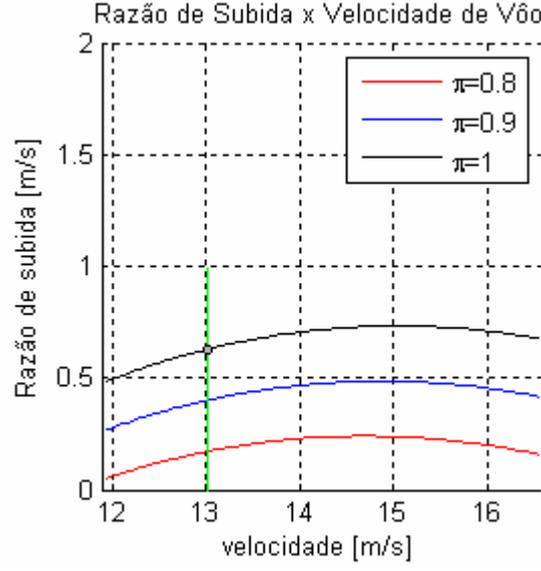
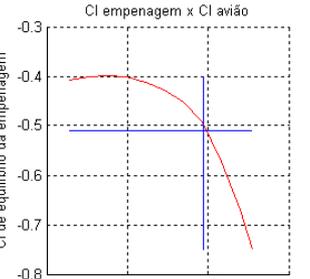
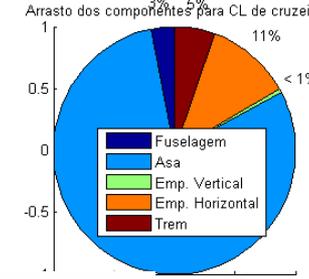
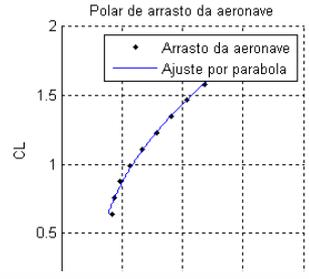


Configuração ini

Estimativa (

Desempenho em subida

Estimativa (



Carga útil - pontuação

1. Projeto Conceitual

1.1. Pré-Projeto

1.2. Metodologia de Projeto

2. Aerodinâmica

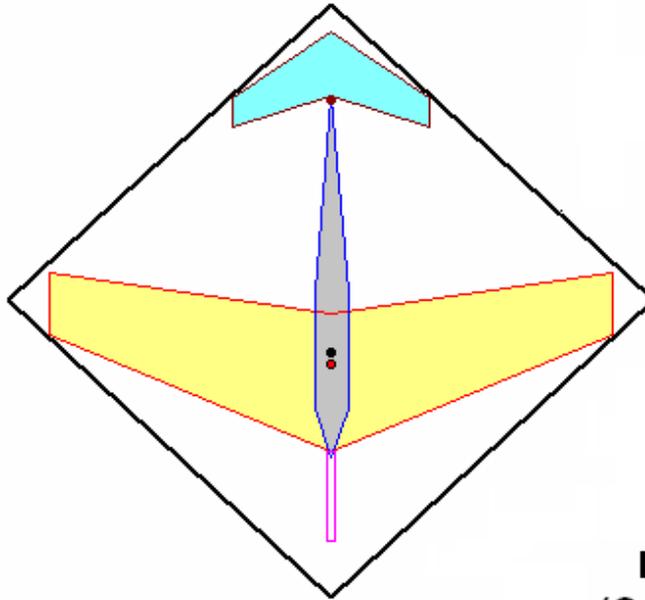
3. Cargas e Estruturas

4. Estabilidade

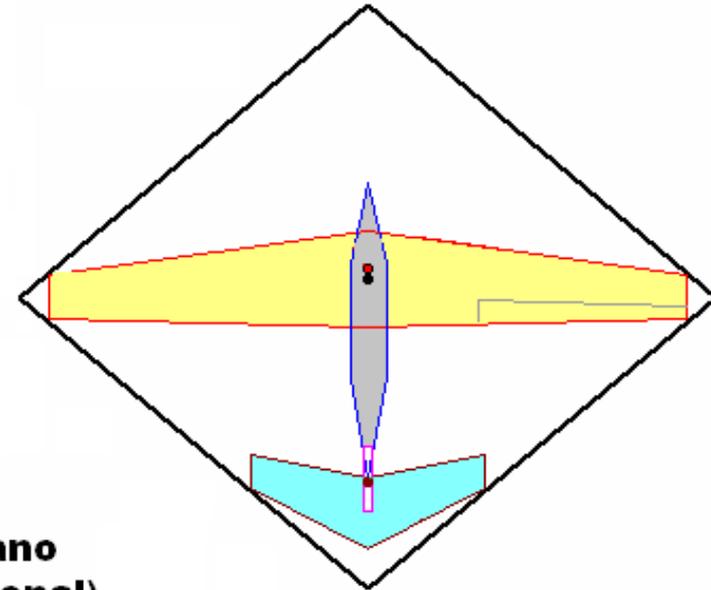
5. Controle

6. Desempenho

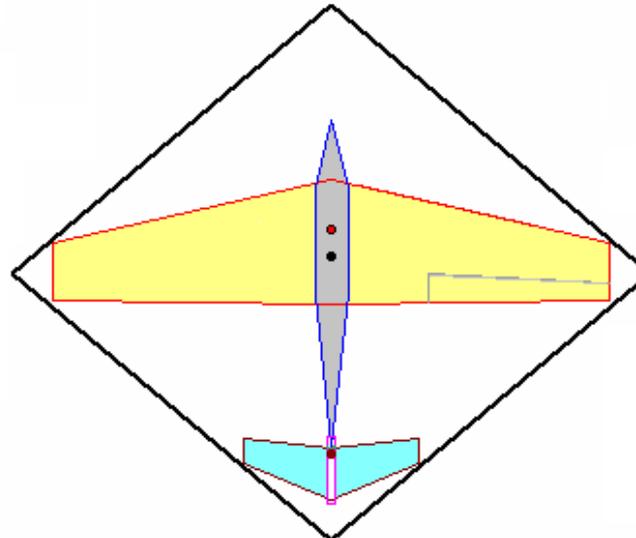
Canard



Biplano



Monoplano (Convencional)



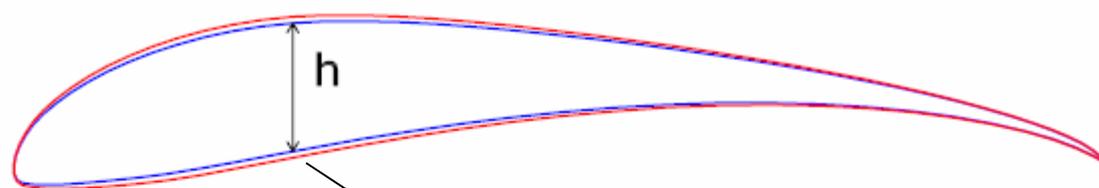


1. Projeto
Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e
Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho
Pontual

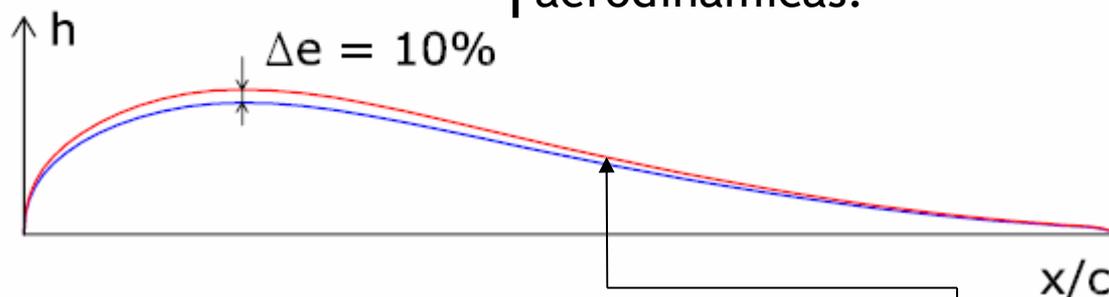
AERODINÂMICA

PERFIL DAS ASAS

- Modificação do perfil Selig1223



Estrutura mais resistente.
Menor peso estrutural.
Melhora de características aerodinâmicas.

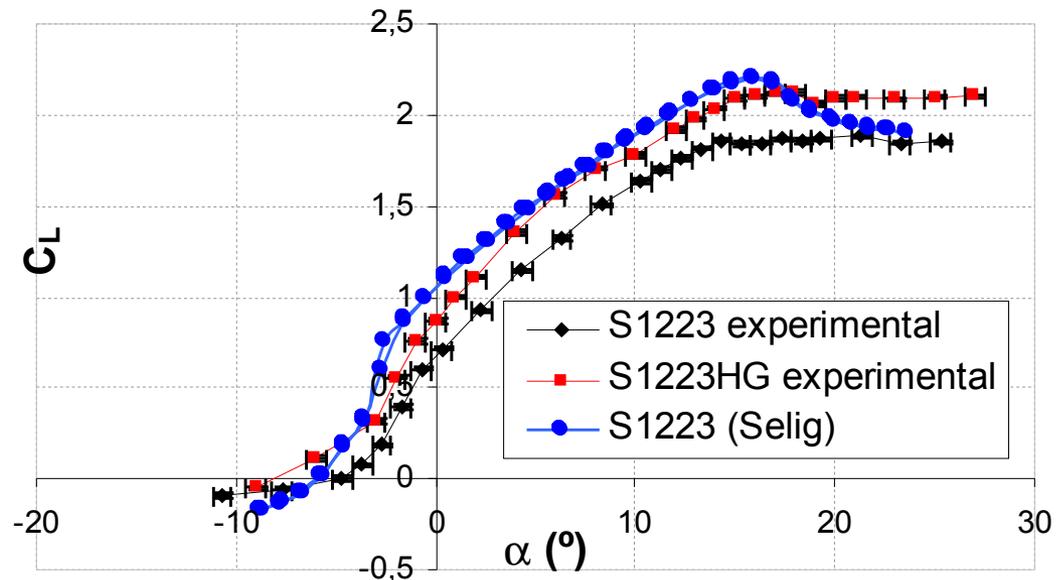
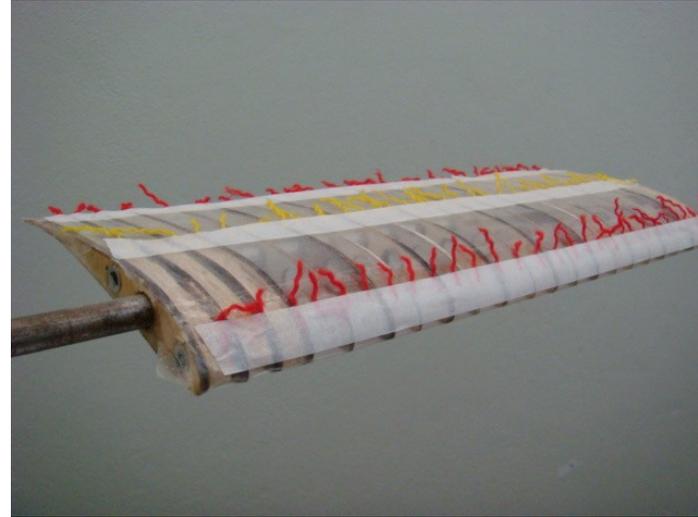


Base para modificações: XFOIL

Perfil 10% mais espesso:
S1223HG

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
 - 2.1. Perfil das Asas
 - 2.2. Asas
 - 2.3. Empenagem Horizontal
 - 2.4. Empenagem Vertical
 - 2.5. Fuselagem
 - 2.6. Avião Completo
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

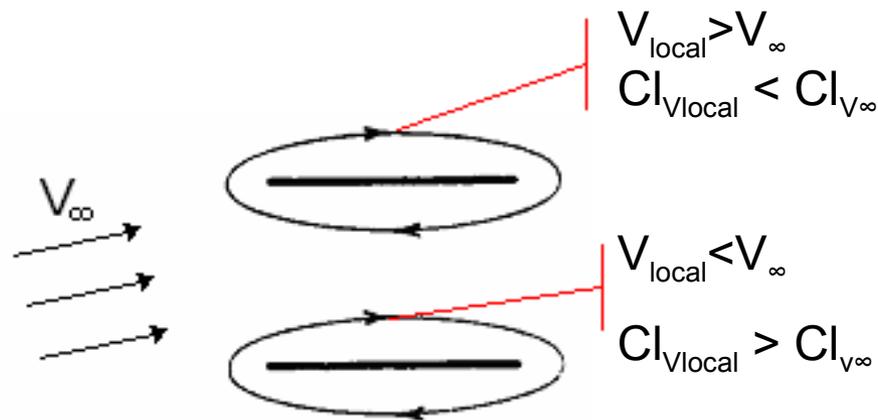
PERFIL DAS ASAS



1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
 - 2.1. Perfil das Asas
 - 2.2. Asas
 - 2.3. Empenagem Horizontal
 - 2.4. Empenagem Vertical
 - 2.5. Fuselagem
 - 2.6. Avião Completo
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

ASAS

Biplano: $V_{local} \square v_{\infty} \S$ Cl adimensionalizado por V_{∞}
 não prediz estol.

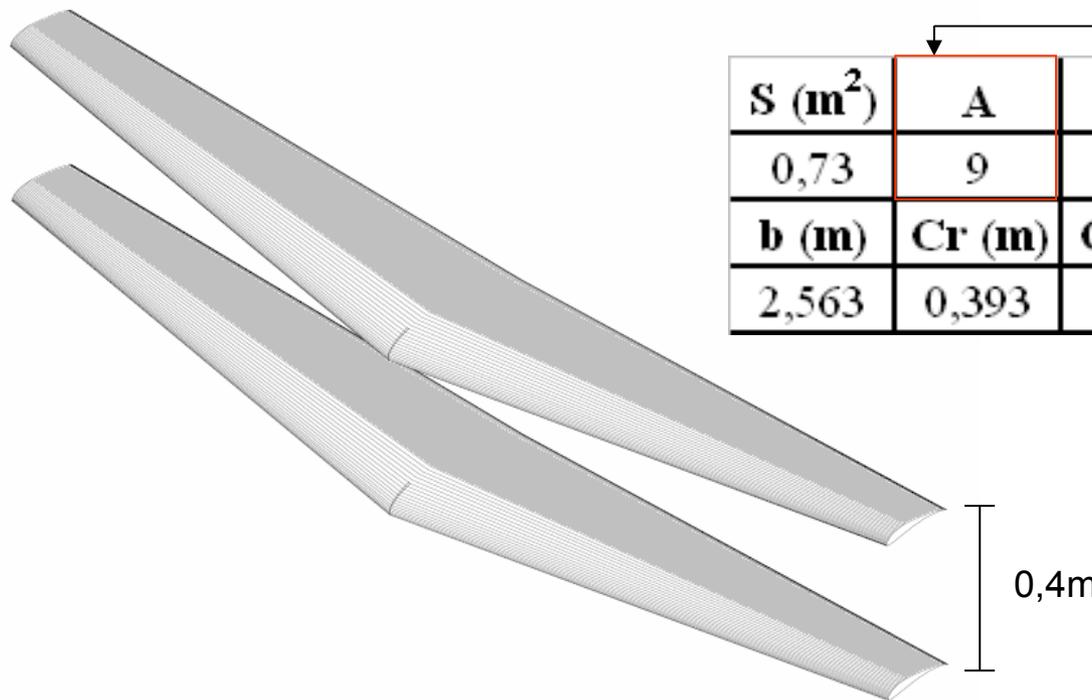
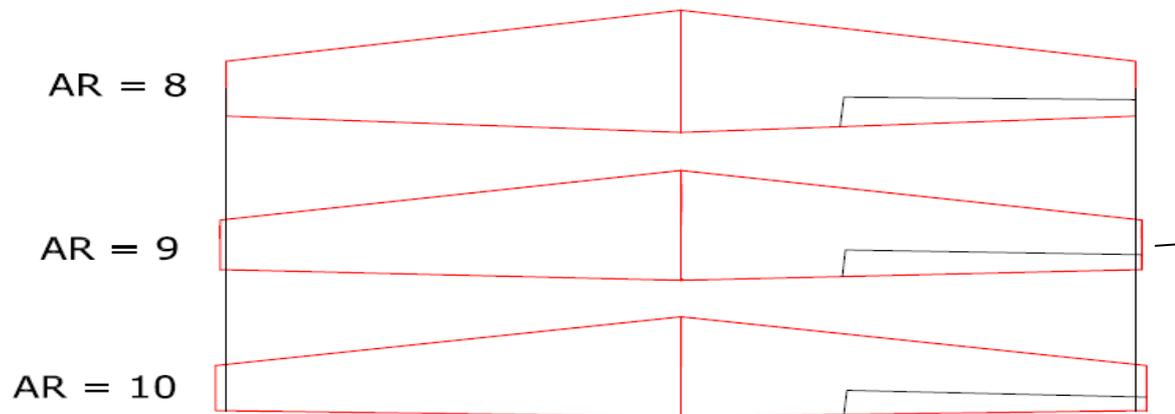


Códigos Vortex Lattice normalmente utilizados calculam $Cl_{V_{\infty}}$;

Solução: **Programar um código Vortex Lattice.**

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
 - 2.1. Perfil das Asas
 - 2.2. Asas
 - 2.3. Empenagem Horizontal
 - 2.4. Empenagem Vertical
 - 2.5. Fuselagem
 - 2.6. Avião Completo
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

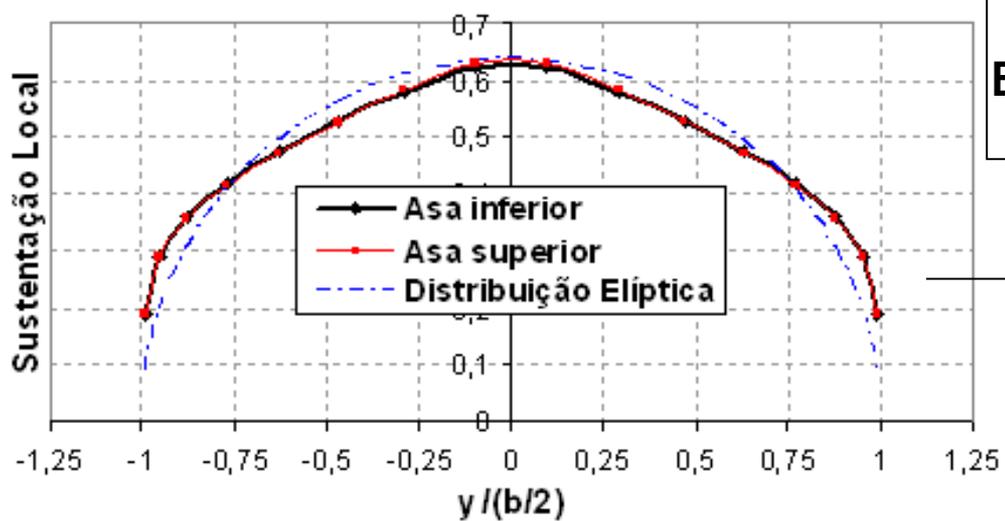
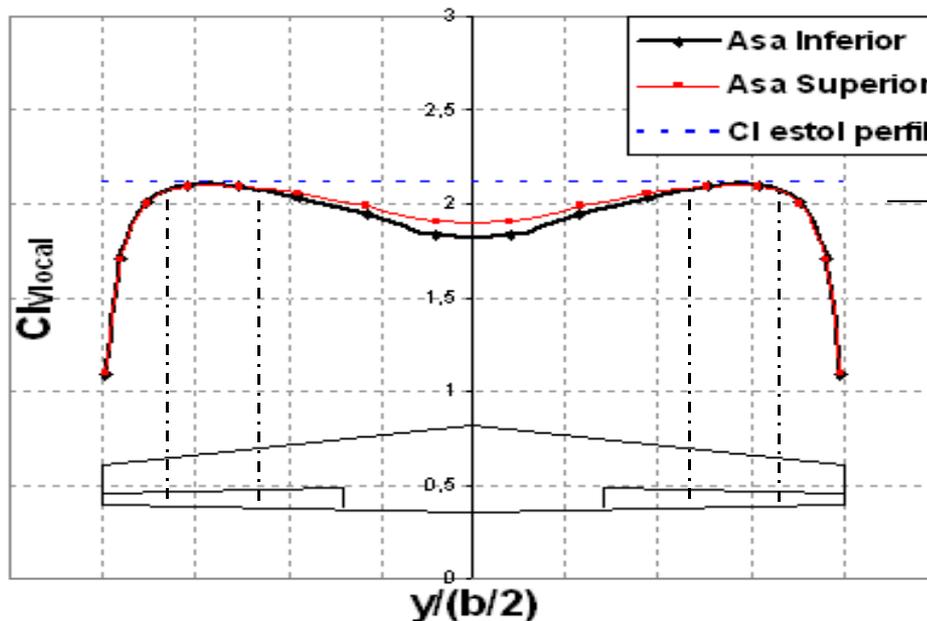
ASAS



$S \text{ (m}^2\text{)}$	A	λ	$\Lambda \text{ (}^\circ\text{)}$	$\nu \text{ (}^\circ\text{)}$
0,73	9	0,45	5,5	3,2
$b \text{ (m)}$	$C_r \text{ (m)}$	$C_p \text{ (m)}$	$CMA \text{ (m)}$	
2,563	0,393	0,177	0,298	

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
 - 2.1. Perfil das Asas
 - 2.2. Asas
 - 2.3. Empenagem Horizontal
 - 2.4. Empenagem Vertical
 - 2.5. Fuselagem
 - 2.6. Avião Completo
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

ASAS



Acerto das incidências

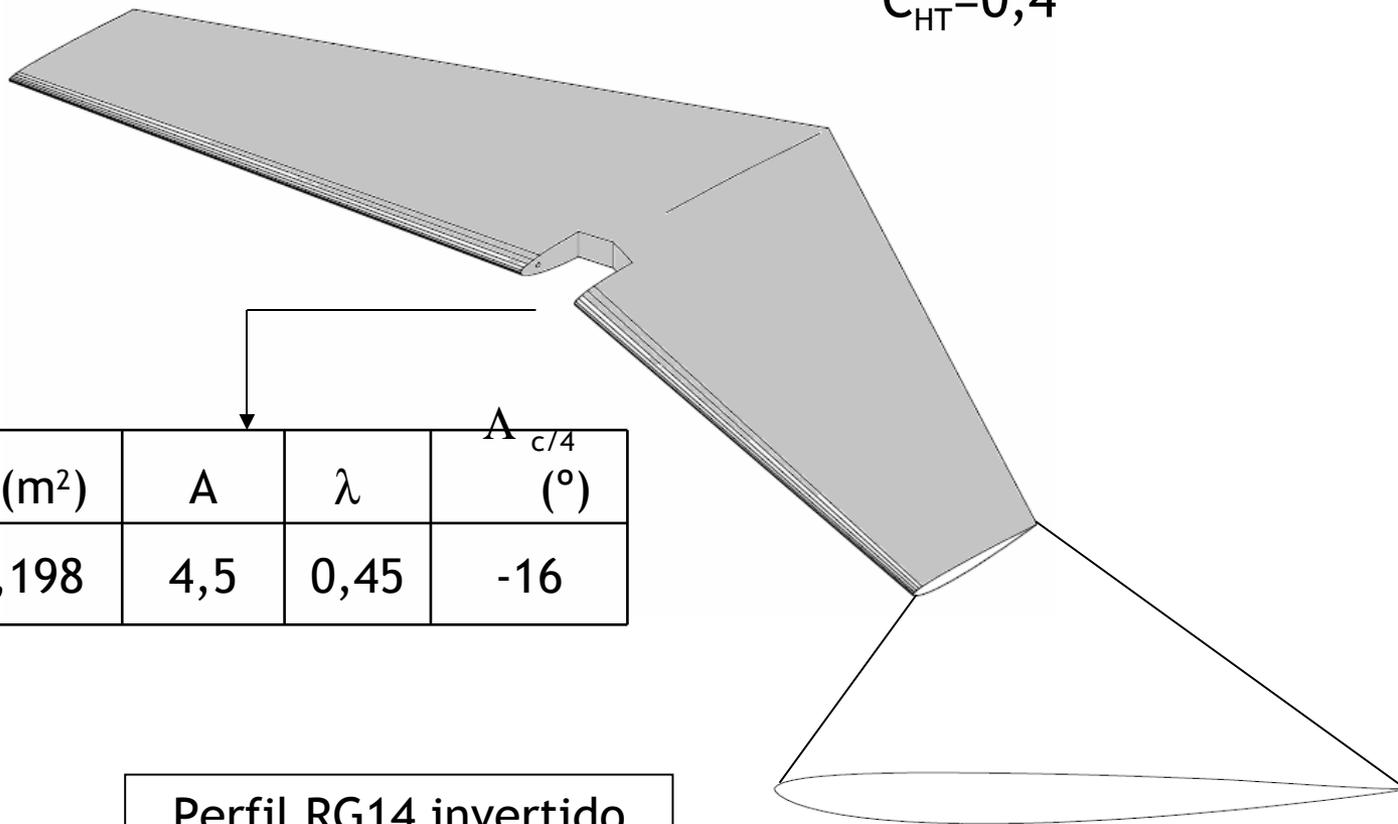
Aumento corda aileron (estol)

Escolha do afilamento

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
 - 2.1. Perfil das Asas
 - 2.2. Asas
 - 2.3. Empenagem Horizontal
 - 2.4. Empenagem Vertical
 - 2.5. Fuselagem
 - 2.6. Avião Completo
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

EMPENAGEM HORIZONTAL

Base para o projeto:
 $C_{HT}=0,4$



S (m ²)	A	λ	$\Lambda_{c/4}$ (°)
0,198	4,5	0,45	-16

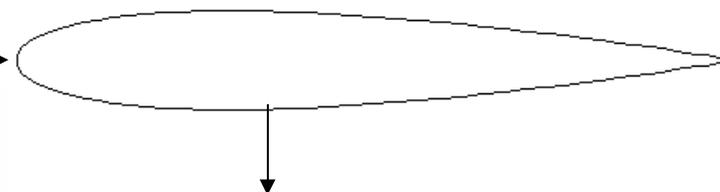
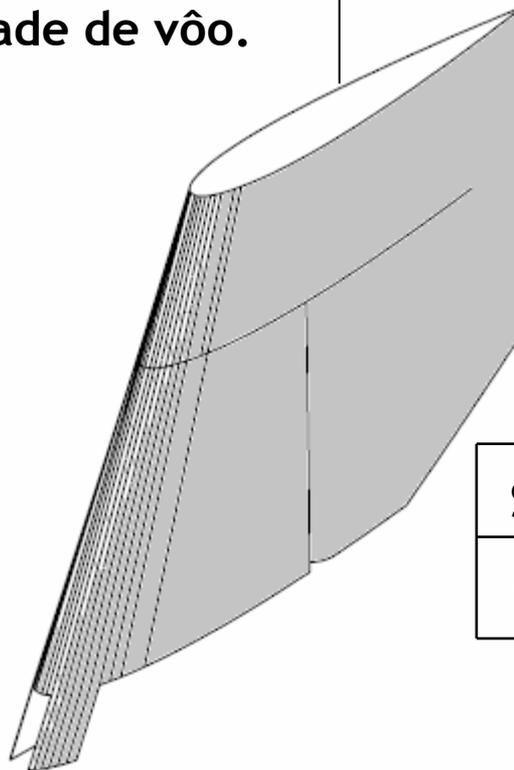
Perfil RG14 invertido
 CL_{EH} cumpre requisitos.

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
 - 2.1. Perfil das Asas
 - 2.2. Asas
 - 2.3. Empenagem Horizontal
 - 2.4. Empenagem Vertical
 - 2.5. Fuselagem
 - 2.6. Avião Completo
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

EMPENAGEM VERTICAL

1° Tentativa: C_{VT} → Instabilidade em Espiral.

Base de projeto:
Critérios de
qualidade de vôo.



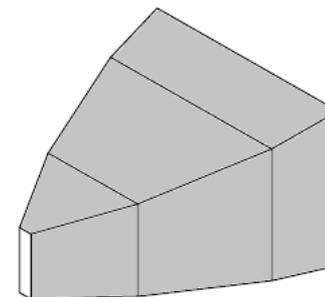
Perfil NACA 0014
Alojamento de servos:
• Menor arrasto;
• Maior funcionalidade.

S (m ²)	A	λ	$\Lambda_{c/4}$ (°)
0,042	0,823	0,7	17,8

1. Projeto Conceitual
- 2. Aerodinâmica**
 - 2.1. Perfil das Asas
 - 2.2. Asas
 - 2.3. Empenagem Horizontal
 - 2.4. Empenagem Vertical**
 - 2.5. Fuselagem
 - 2.6. Avião Completo
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

FUSELAGEM

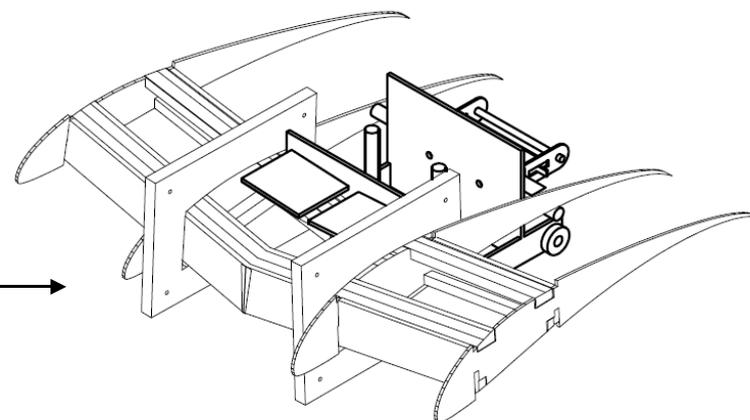
1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
 - 2.1. Perfil das Asas
 - 2.2. Asas
 - 2.3. Empenagem Horizontal
 - 2.4. Empenagem Vertical
 - 2.5. Fuselagem
 - 2.6. Avião Completo
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho



Projetado para evitar descolamento*

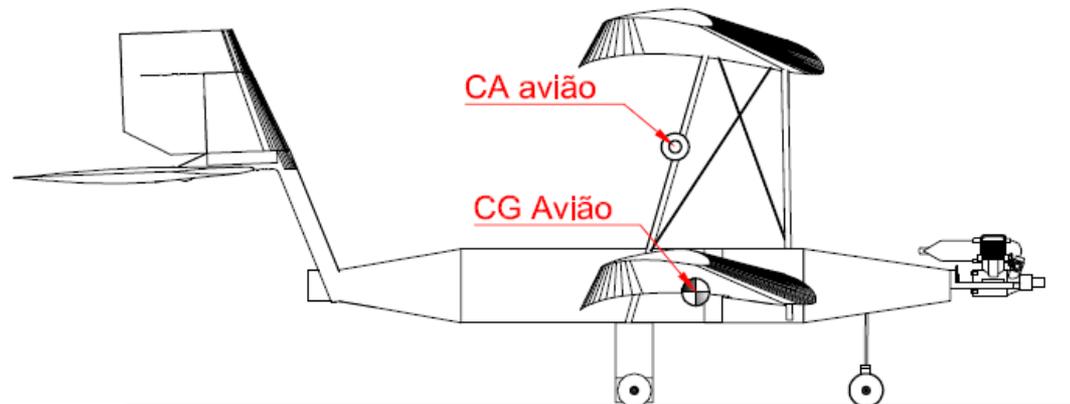
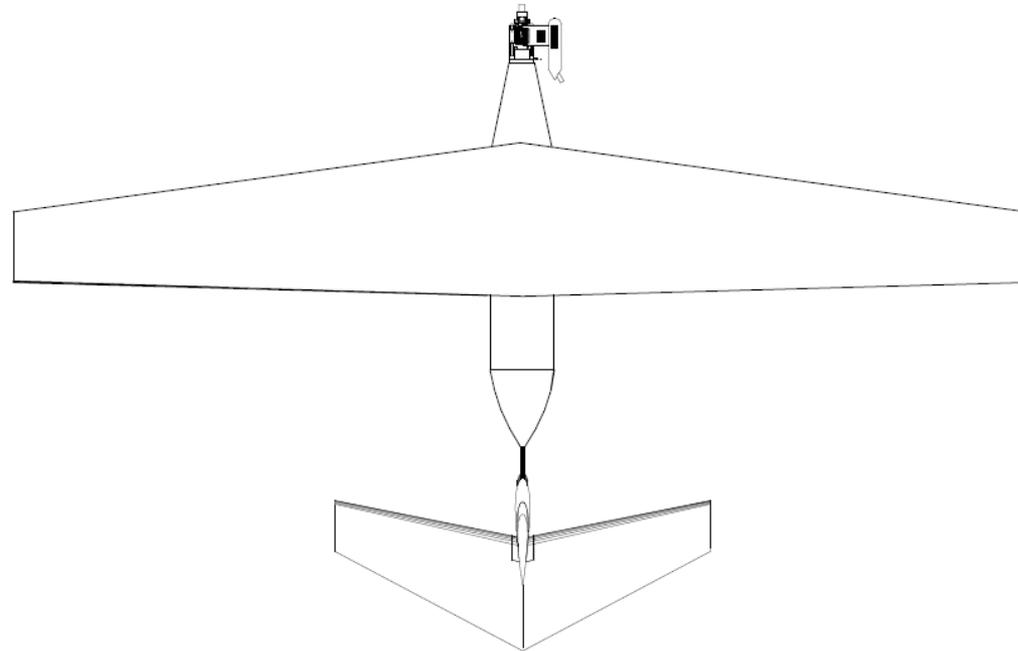
Diminuição da área frontal

Passeio do CG com carregamento minimizado



* Hoerner, S.F. , *Aerodynamic Drag - Practical Data*, Otterbein Press - 1951

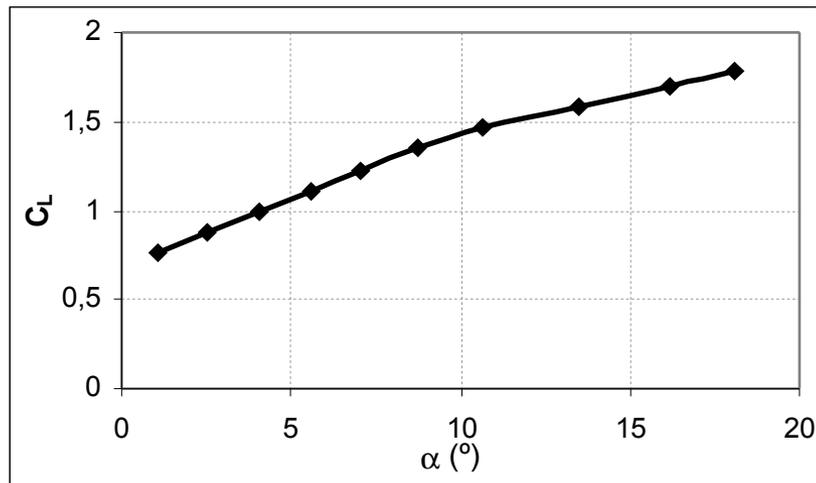
AVIÃO COMPLETO



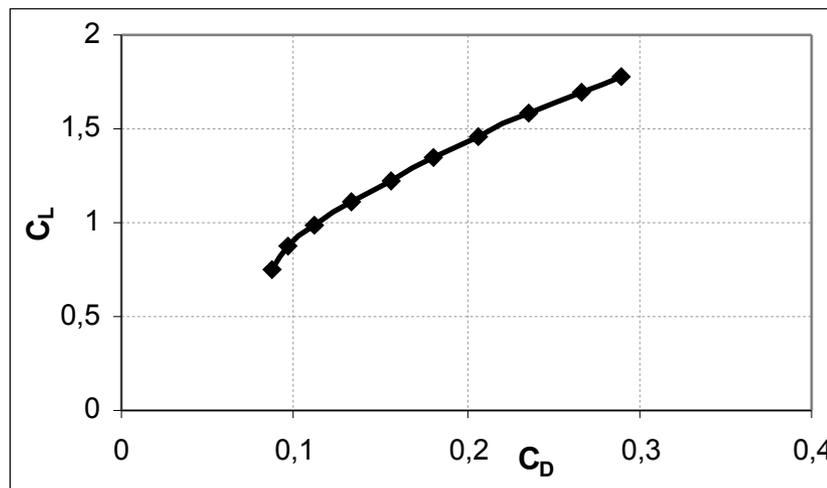
1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
 - 2.1. Perfil das Asas
 - 2.2. Asas
 - 2.3. Empenagem Horizontal
 - 2.4. Empenagem Vertical
 - 2.5. Fuselagem
 - 2.6. Avião Completo
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

AVIÃO COMPLETO

- C_l x α



- Polar de Arrasto



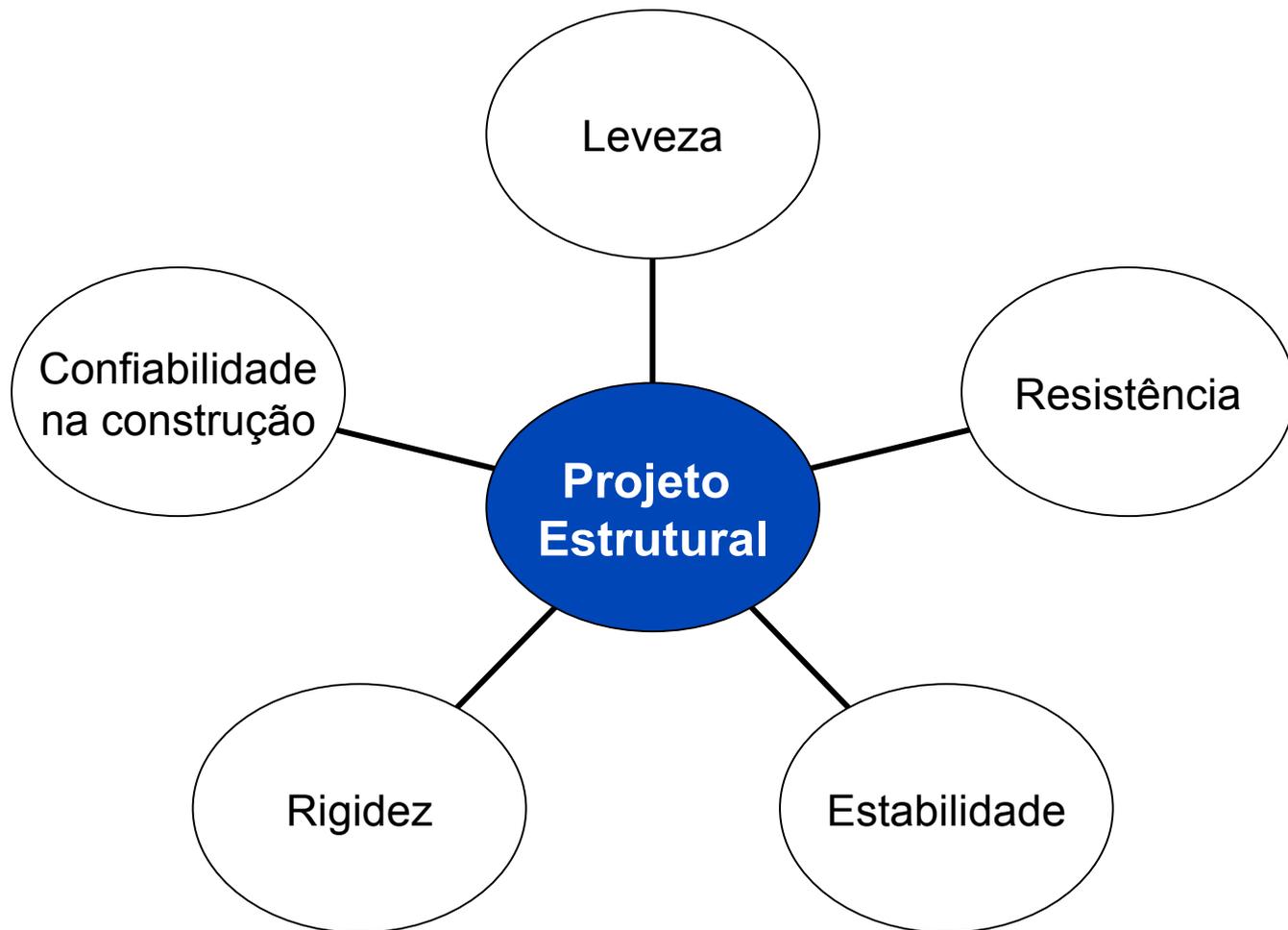
1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
 - 2.1. Perfil das Asas
 - 2.2. Asas
 - 2.3. Empenagem Horizontal
 - 2.4. Empenagem Vertical
 - 2.5. Fuselagem
 - 2.6. Avião Completo
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho



1. Projeto
Conceitual
2. Aerodinâmica
- 3. Cargas e
Estruturas**
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

CARGAS E ESTRUTURAS

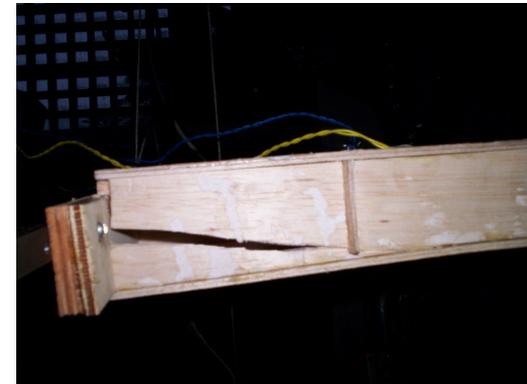
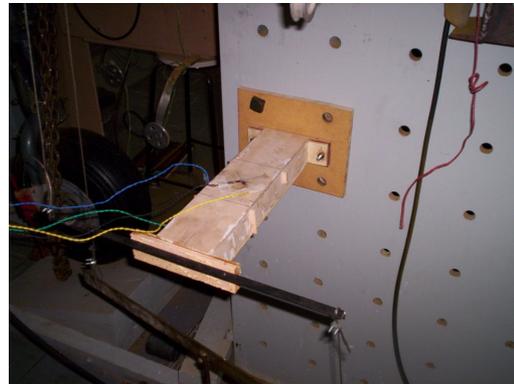
PROJETO ESTRUTURAL



1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
 - 3.1. Materiais
 - 3.2. Envelope de Vôo
 - 3.3. Asas
 - 3.4. Empenagens
 - 3.5. Fuselagem
 - 3.6. Tail Boom
 - 3.7. Junção das Asas
 - 3.8. Trem de Pouso
 - 3.9. Peso Final
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

MATERIAIS

	Barra de Balsa	Chapa de Balsa	Fibra de Carbono	Fibra de Vidro
ρ (kg/m ³)	200	160	1760	2110
σ_{ut} (MPa)	26	7,4	4300	2415
σ_{uc} (MPa)	15	4,2	-	-
τ_u (MPa)	3,1	0,73**	-	-
Critério de falha	Invariantes de Von Mises*	Invariantes de Von Mises*	Hoffman	Hoffman



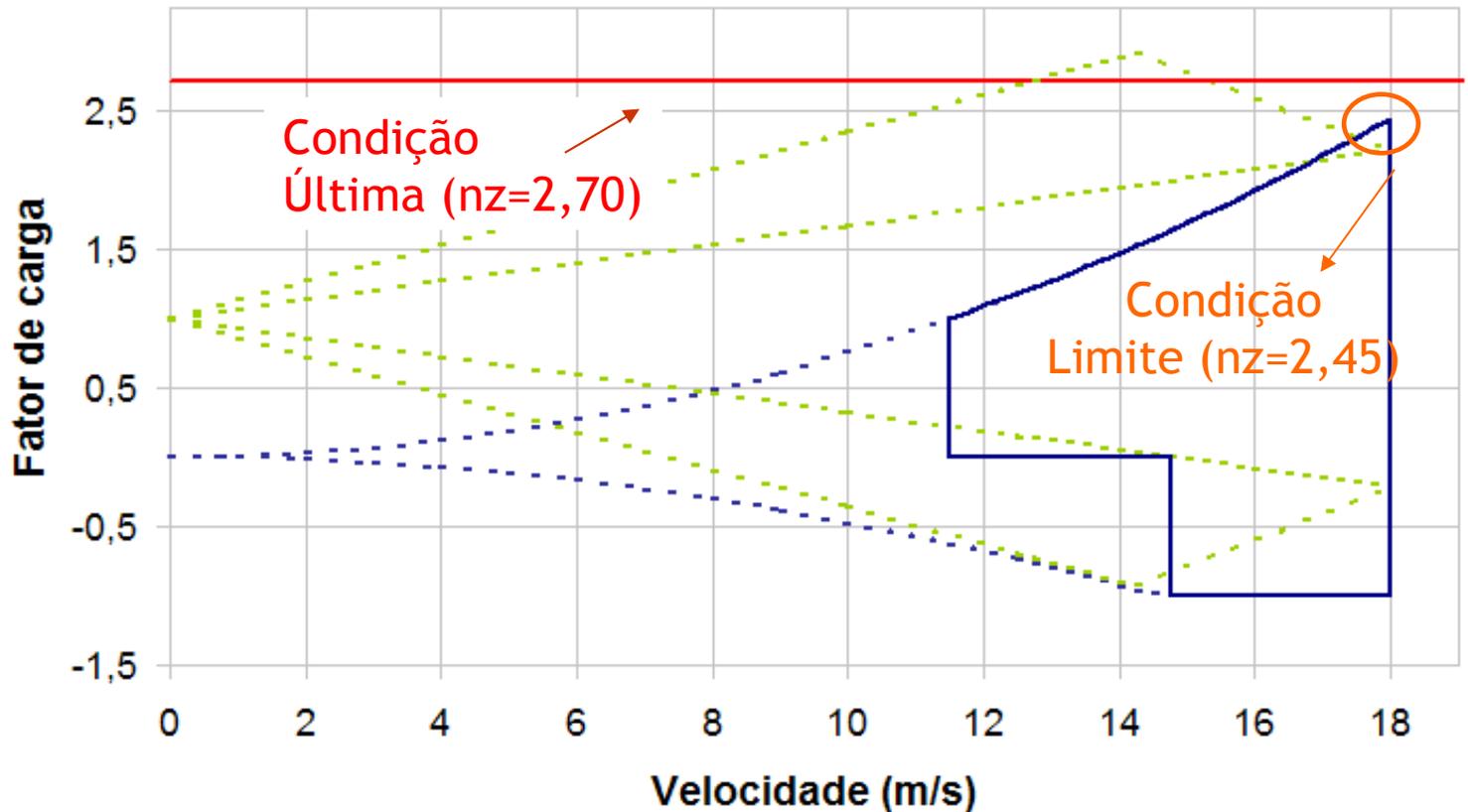
* AICHER S & KLOCK W. Linear versus quadratic failure criteria for inplane loaded wood based panels.

** Verificado em ensaio de torção pura.

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
 - 3.1. Materiais
 - 3.2. Envelope de Vôo
 - 3.3. Asas
 - 3.4. Empenagens
 - 3.5. Fuselagem
 - 3.6. Tail Boom
 - 3.7. Junção das Asas
 - 3.8. Trem de Pouso
 - 3.9. Peso Final
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

ENVELOPE DE VÔO

Diagrama V-n

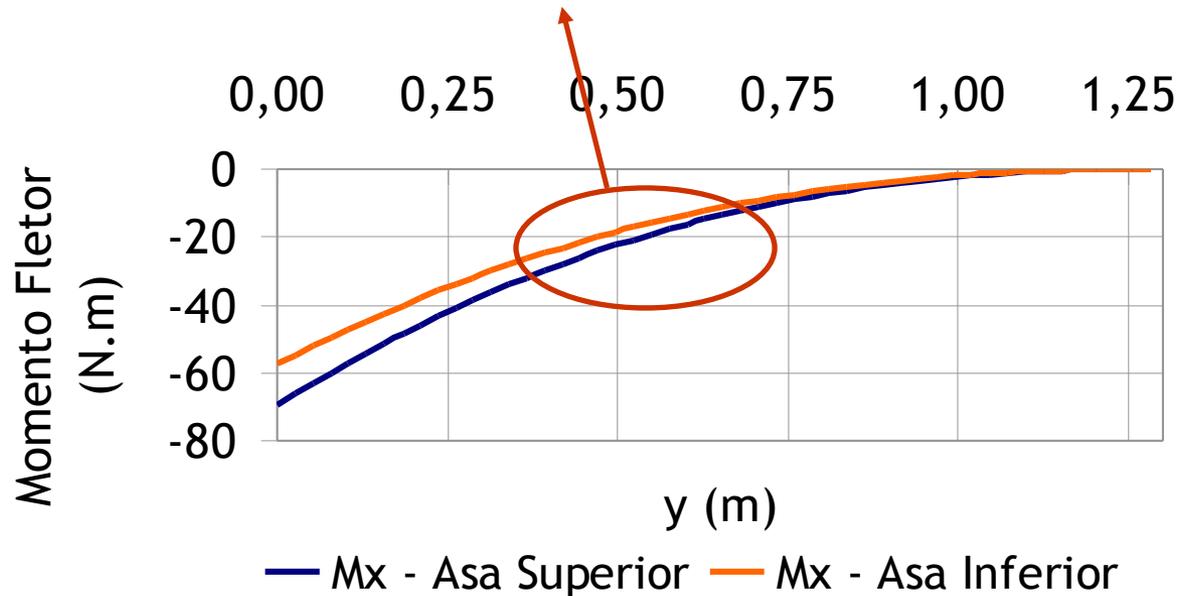


Condição última = 1,1 x Condição limite

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
 - 3.1. Materiais
 - 3.2. Envelope de Vôo
 - 3.3. Asas
 - 3.4. Empenagens
 - 3.5. Fuselagem
 - 3.6. Tail Boom
 - 3.7. Junção das Asas
 - 3.8. Trem de Pouso
 - 3.9. Peso Final
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

ASAS

- Esforços diminuem rapidamente para a ponta.
- Carregamentos diferentes em cada asa.



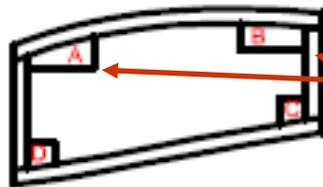
	F_z na condição última (N)
Asa inferior	211,2
Asa Superior	258,0

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
 - 3.1. Materiais
 - 3.2. Envelope de Vôo
 - 3.3. Asas
 - 3.4. Empenagens
 - 3.5. Fuselagem
 - 3.6. Tail Boom
 - 3.7. Junção das Asas
 - 3.8. Trem de Pouso
 - 3.9. Peso Final
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

ASAS

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
 - 3.1. Materiais
 - 3.2. Envelope de Vôo
 - 3.3. Asas
 - 3.4. Empenagens
 - 3.5. Fuselagem
 - 3.6. Tail Boom
 - 3.7. Junção das Asas
 - 3.8. Trem de Pouso
 - 3.9. Peso Final
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

Otimização da estrutura:

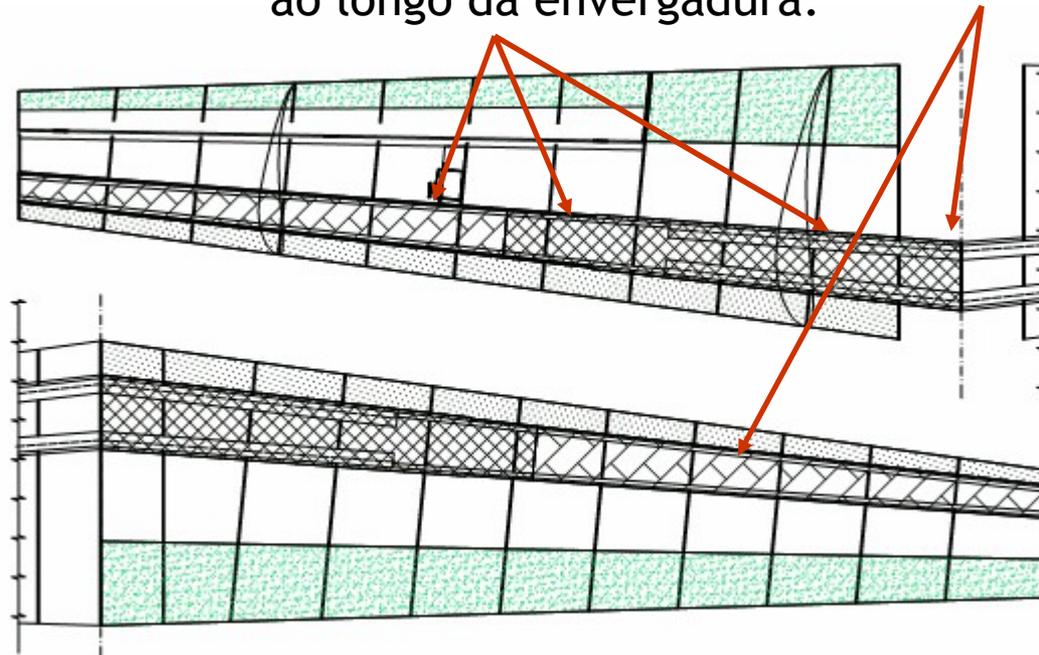


Compressão: menor resistência.

(balsa)

Dimensões variáveis ao longo da envergadura.

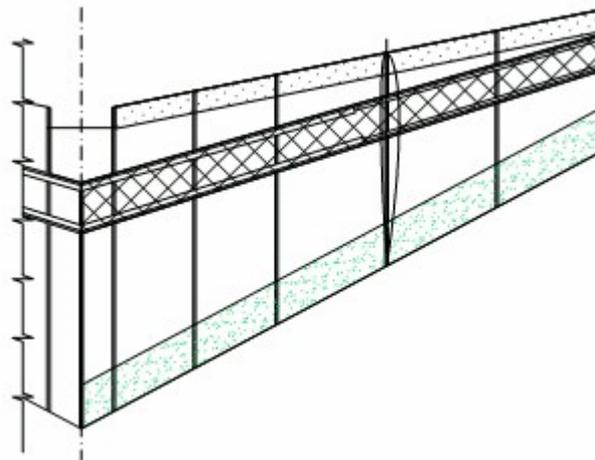
Estruturas Diferenciadas.



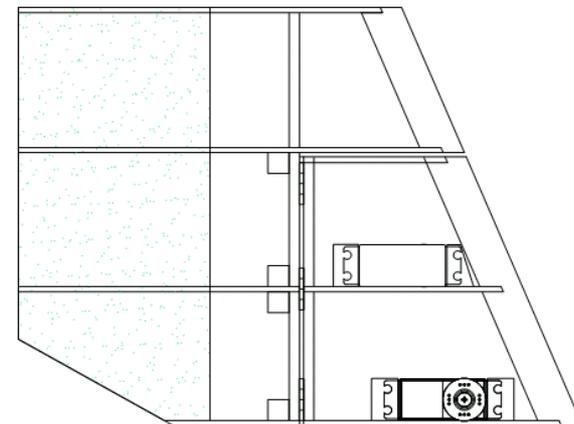
EMPENAGENS

	EH		EV
Cl	1,05	0,52	1,00
Mx (N.m)	-4,87	1,01	-0,42
Mz (N.m)	1,00	0,19	0,10
Sx (N)	-5,14	-0,87	-1,78
Sz (N)	23,91	-4,98	7,23
T (N.m)	-0,73	-0,73	0,14

- $V=Vd=18m/s$
- Esforços na raiz.



(balsa)



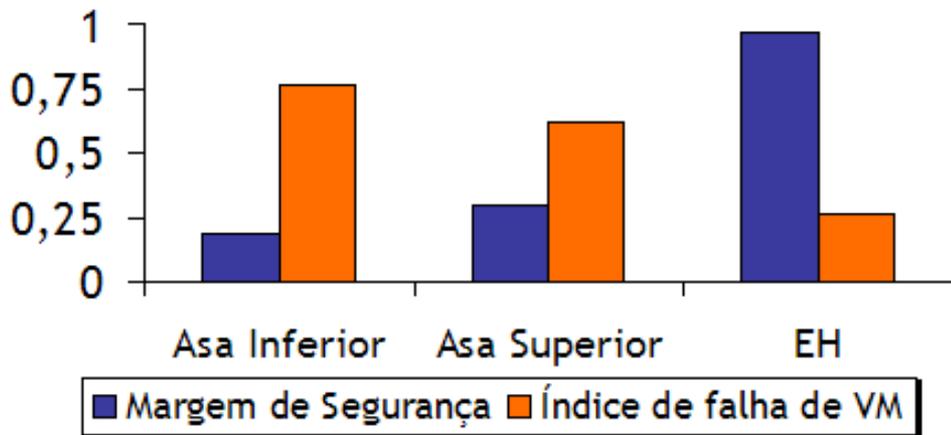
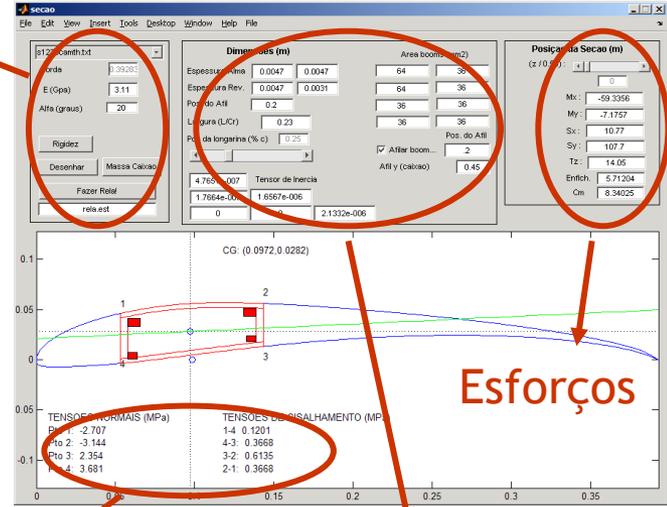
(balsa)

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
 - 3.1. Materiais
 - 3.2. Envelope de Vôo
 - 3.3. Asas
 - 3.4. Empenagens
 - 3.5. Fuselagem
 - 3.6. Tail Boom
 - 3.7. Junção das Asas
 - 3.8. Trem de Pouso
 - 3.9. Peso Final
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

ANÁLISE ESTRUTURAL DAS ASAS E EMPENAGENS

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
 - 3.1. Materiais
 - 3.2. Envelope de Vôo
 - 3.3. Asas
 - 3.4. Empenagens
 - 3.5. Fuselagem
 - 3.6. Tail Boom
 - 3.7. Junção das Asas
 - 3.8. Trem de Pouso
 - 3.9. Peso Final
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

- Cálculo de tensões e deslocamentos por teoria de viga de paredes finas. (*Aircraft Structures. Megson, T.H.G.*)
- Análise de falha pelo critério de variantes de Von Mises.



Resultados da análise de falha para seção da raiz.

FUSELAGEM

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
 - 3.1. Materiais
 - 3.2. Envelope de Vôo
 - 3.3. Asas
 - 3.4. Empenagens
 - 3.5. Fuselagem
 - 3.6. Tail Boom
 - 3.7. Junção das Asas
 - 3.8. Trem de Pouso
 - 3.9. Peso Final
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

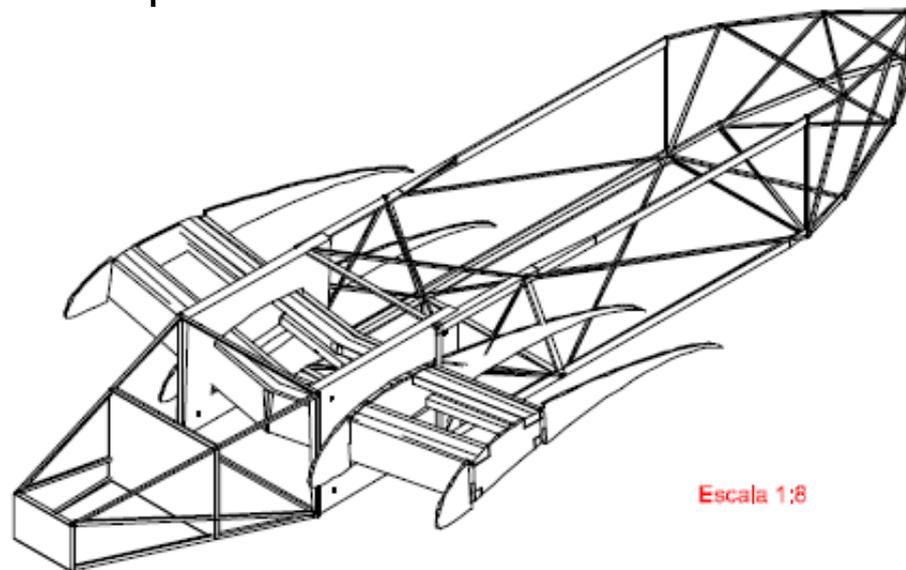
- Cargas principais:
 - Pouso (Aceleração 2g);
 - Esforços das empenagens;
 - Esforços do motor.

• **Otimização:**

Alívio da estrutura:

Em solo, caixa de carga apoiada no trem de pouso principal.

Em vôo, caixa de carga apoiada nas asas.



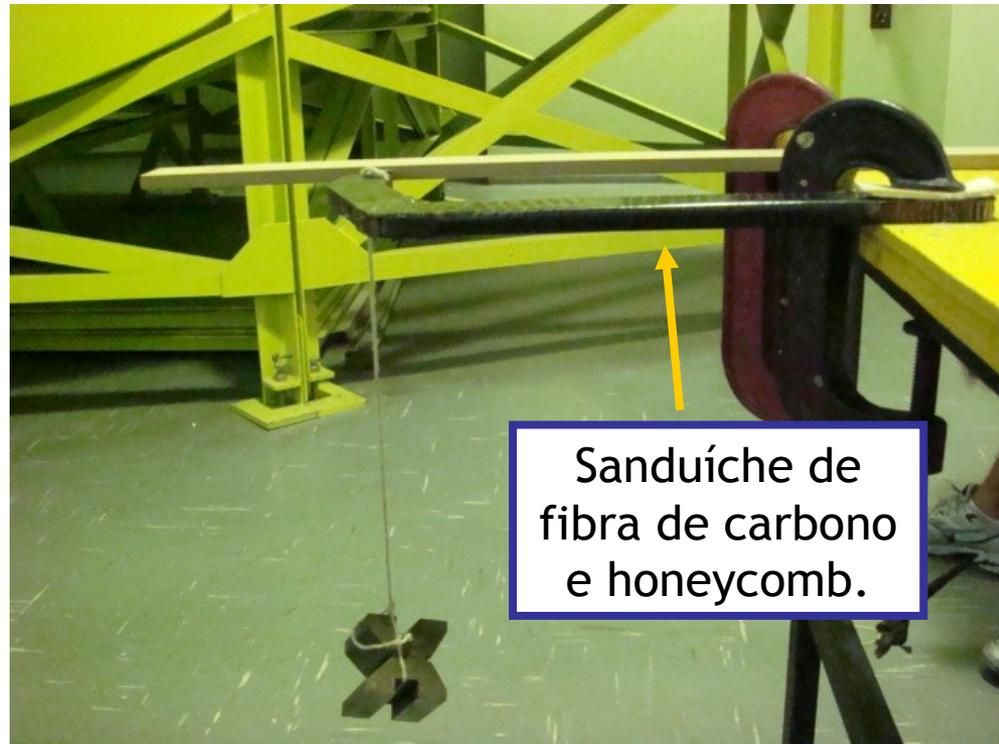
Escala 1:8

TAIL BOOM

Cargas oriundas das empenagens.

Principal requisito:
Rigidez.

Ensaio de rigidez:



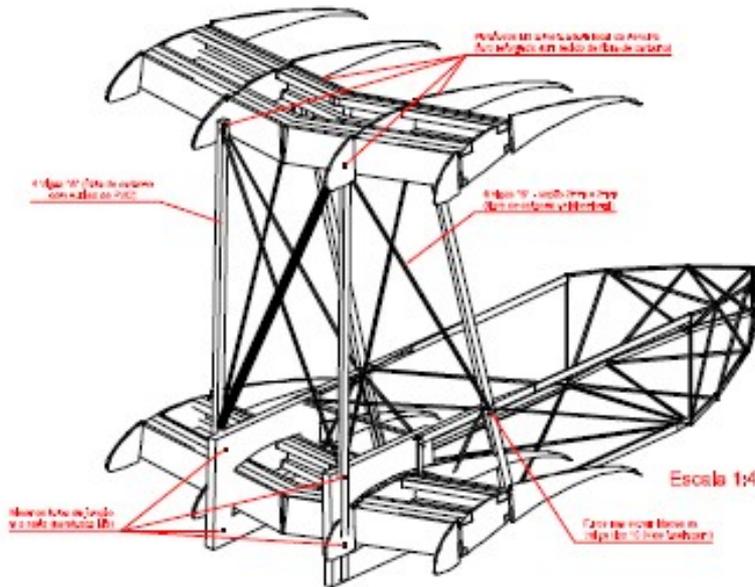
Sanduíche de fibra de carbono e honeycomb.

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
 - 3.1. Materiais
 - 3.2. Envelope de Vôo
 - 3.3. Asas
 - 3.4. Empenagens
 - 3.5. Fuselagem
 - 3.6. Tail Boom
 - 3.7. Junção das Asas
 - 3.8. Trem de Pouso
 - 3.9. Peso Final
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

JUNÇÃO DAS ASAS

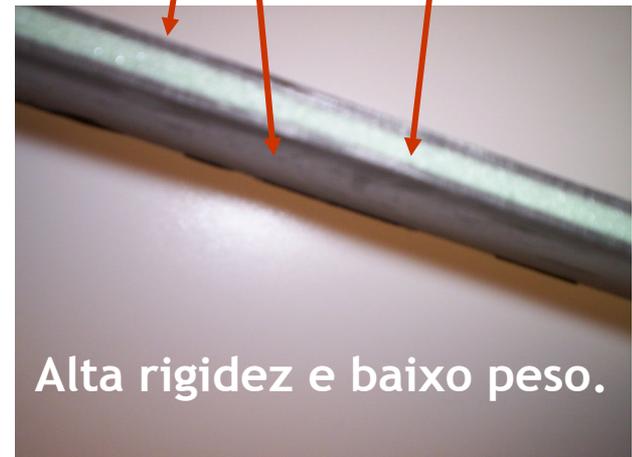
1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
 - 3.1. Materiais
 - 3.2. Envelope de Vôo
 - 3.3. Asas
 - 3.4. Empenagens
 - 3.5. Fuselagem
 - 3.6. Tail Boom
 - 3.7. Junção das Asas
 - 3.8. Trem de Pouso
 - 3.9. Peso Final
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

- Cargas:
 - Carga lateral em curva;
 - Carga de compressão em pouso;
 - Carga de tração em vôo.
 - Torção.
- Análise em Nastran (elementos finitos).



Fibra de carbono unidirecional

Espuma de PVC

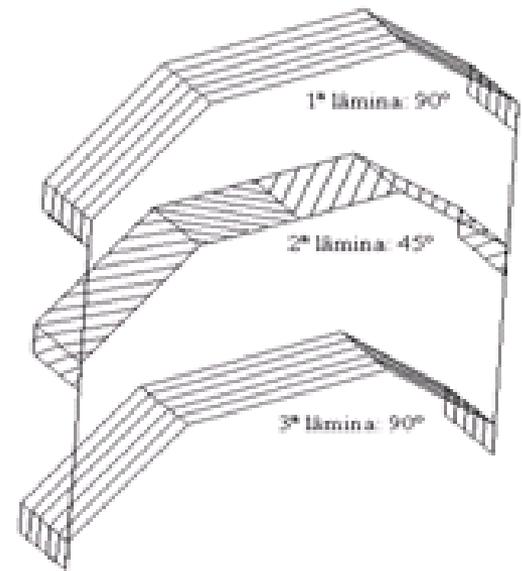


Alta rigidez e baixo peso.

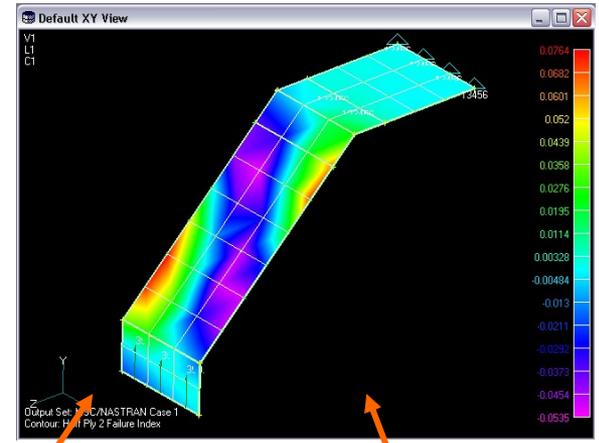
1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
 - 3.1. Materiais
 - 3.2. Envelope de Vôo
 - 3.3. Asas
 - 3.4. Empenagens
 - 3.5. Fuselagem
 - 3.6. Tail Boom
 - 3.7. Junção das Asas
 - 3.8. Trem de Pouso
 - 3.9. Peso Final
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

TREM DE POUSO PRINCIPAL

- Fatores de carga normal e horizontal: 2,0 e 0,7.



Análise em Nastran com elementos de laminado.



Índice de falha de Hoffman (Otimização limitada pela rigidez).

Carga de pouso suportada por meia estrutura.

TREM DE POUSO DO NARIZ

- Haste de aço com garfo de alumínio para prender a roda.
- Resistência comprovada por testes.



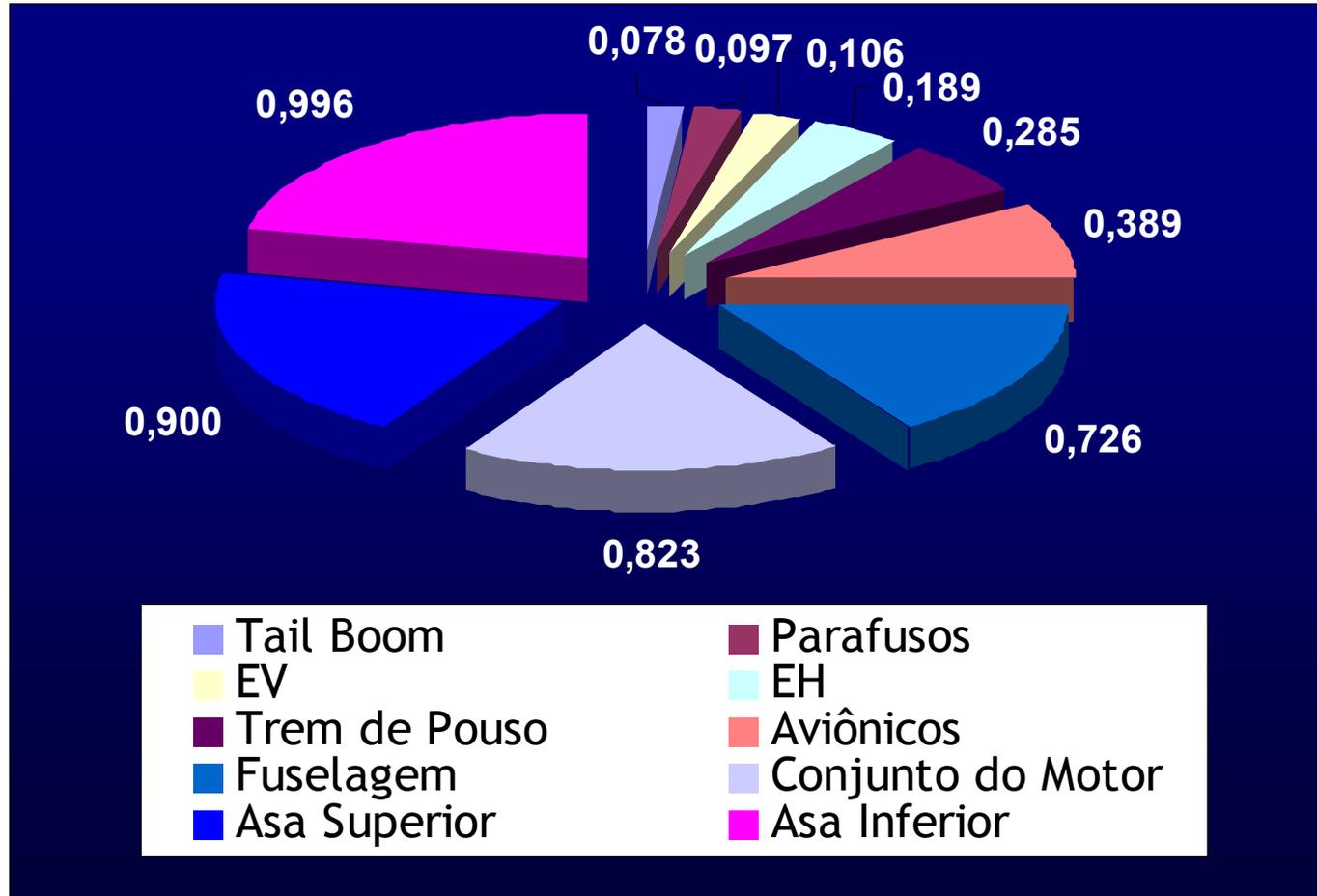
CARGAS E ESTRUTURAS



PESO FINAL

-Peso vazio = 4,589 kgf

-Contribuição de cada componente do avião (kgf):



1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
 - 3.1. Materiais
 - 3.2. Envelope de Vôo
 - 3.3. Asas
 - 3.4. Empenagens
 - 3.5. Fuselagem
 - 3.6. Tail Boom
 - 3.7. Junção das Asas
 - 3.8. Trem de Pouso
 - 3.9. Peso Final
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho



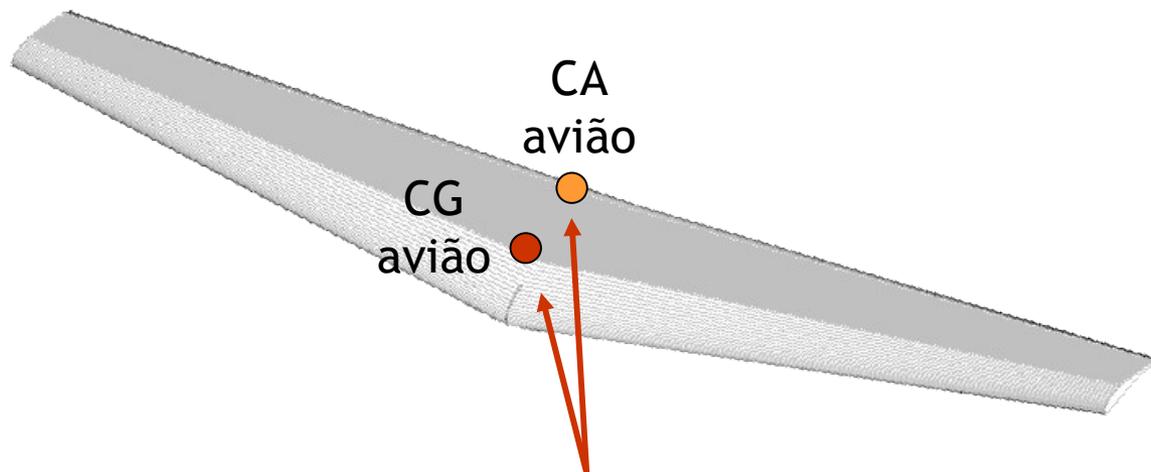
1. Projeto
 Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e
 Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

ESTABILIDADE

ESTABILIDADE ESTÁTICA

Fatores que indicam estabilidade e boa qualidade de vôo:

Látero-direcional: Enflechamento ($5,5^\circ - c/4$);
Diedro ($3,2^\circ$).



Longitudinal: Margem estática entre 10% e 16%;

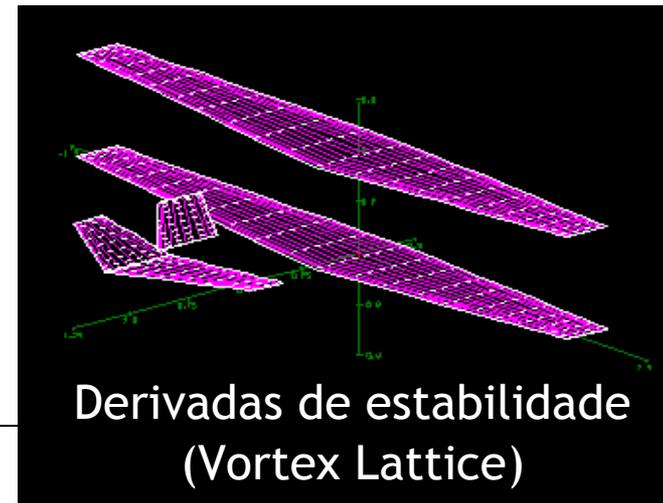
- 1. Projeto Conceitual
- 2. Aerodinâmica
- 3. Cargas e Estruturas
- 4. Estabilidade
 - 4.1. Estabilidade Estática
 - 4.2. Estabilidade Dinâmica
 - 4.3. Qualidade de Vôo
- 5. Controle
- 6. Desempenho

ESTABILIDADE DINÂMICA

Estimativa dos momentos de inércia.

Linearização das equações e cálculo auto-valores da matriz de estado.

Cálculo do fator de amortecimento e frequência natural.



Utilizada a Norma MIL (com adaptações).

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
 - 4.1. Estabilidade Estática
 - 4.2. Estabilidade Dinâmica
 - 4.3. Qualidade de Vôo
5. Controle
6. Desempenho

QUALIDADE DE VÔO LONGITUDINAL

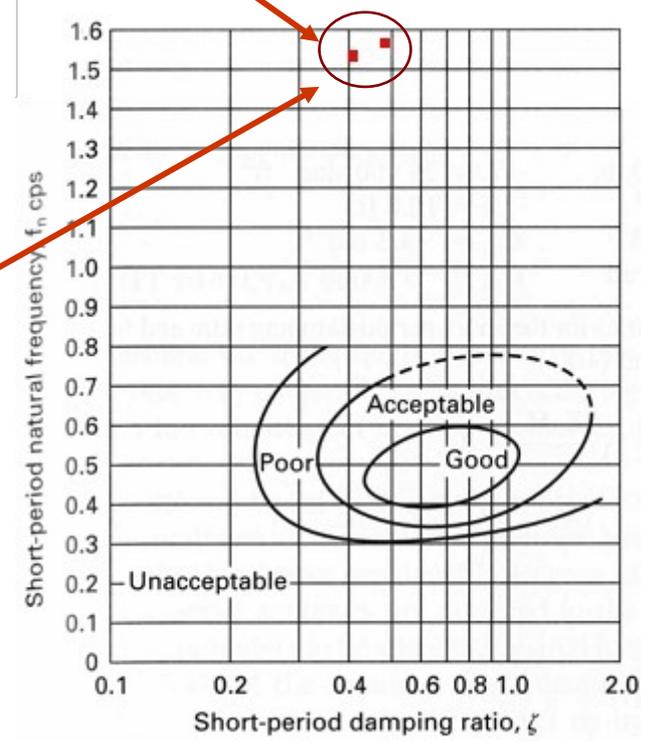
	Período fugoidal		Período curto		
	z	w_n (rad/s)	z	f_n (Hz)	w_n (rad/s)
Subida	0,174	1,08	0,409	1,53	9,65
Cruzeiro	0,107	0,883	0,487	1,56	9,78

Nível 1
($\zeta > 0,04$)

Não tripulado, portanto pode ter frequência natural maior.
Segundo pesquisas, esse comportamento é desejável.

Nível 2

* PETERS M.E.; ANDRISANO D. The determination of longitudinal flying qualities requirements for light weight unmanned aircraft.



1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
 - 4.1. Estabilidade Estática
 - 4.2. Estabilidade Dinâmica
 - 4.3. Qualidade de Vôo
5. Controle
6. Desempenho

QUALIDADE DE VÔO LÁTERO-DIRECIONAL

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
- 4. Estabilidade**
 - 4.1. Estabilidade Estática
 - 4.2. Estabilidade Dinâmica
 - 4.3. Qualidade de Vôo**
5. Controle
6. Desempenho

Velocidade de subida	z	w_n (rad/s)	$t_{1/2}$ (s)
Rolamento	-	-	0,204
Dutch roll	0,388	4,68	-
Espiral	-	-	19,2

Nível 1
($t_{1/2} < 1,0s$)

Nível 1
($z > 0,19$; $zw_n > 0,35$ rad/s e $w_n > 1$ rad/s)

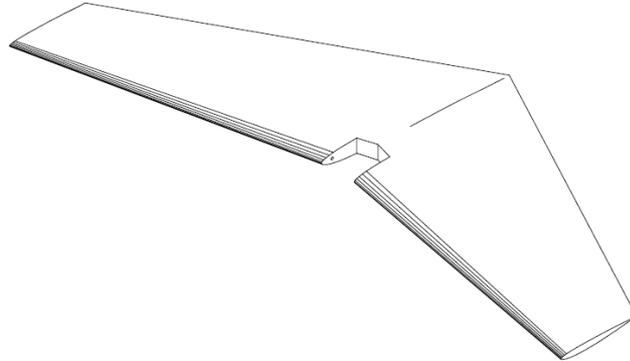
Nível 1
(Estável)



1. Projeto
 Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e
 Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

CONTROLE

CONTROLE LONGITUDINAL



Empenagem horizontal inteiramente móvel: CL máximo e mínimo com folga.

Escolha acertada: Recuperação de mergulho.

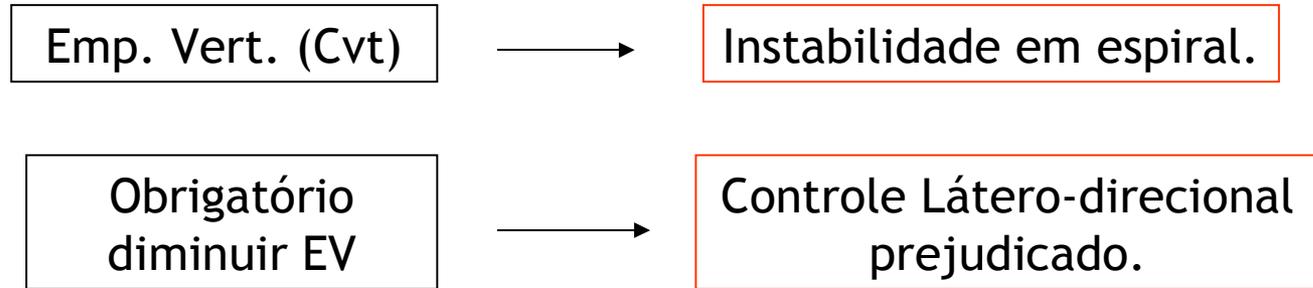
Vídeo

(futuramente... à noite)



1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
 - 5.1. Controle Longitudinal
 - 5.2. Controle Látero-Direcional
6. Desempenho

CONTROLE LÁTERO-DIRECIONAL



Solução: Aumento de Ailerons.

Novo problema: Guinada adversa.

Solução Final: Ensaios em vôo e uso de ailerons diferenciais.

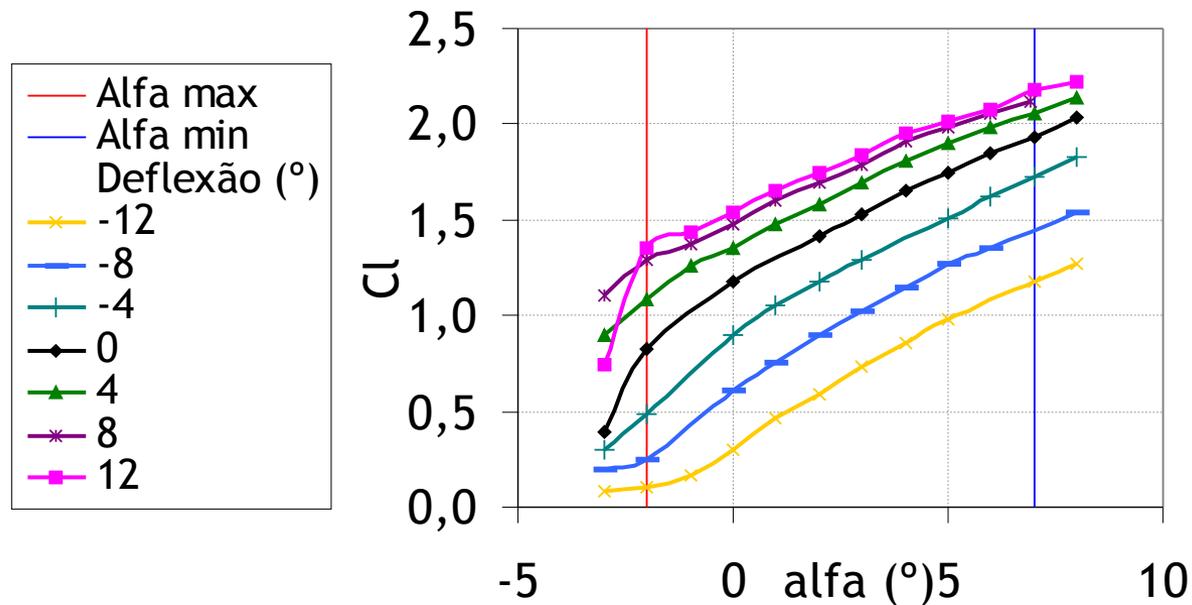
1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
- 5. Controle**
 - 5.1. Controle Longitudinal
 - 5.2. Controle Látero-Direcional**
6. Desempenho

CONTROLE LÁTERO-DIRECIONAL

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
 - 5.1. Controle Longitudinal
 - 5.2. Controle Látero-Direcional
6. Desempenho

Análise de efetividade dos ailerons no XFOIL:

Não há precipitação do estol.



CONTROLE LÁTERO-DIRECIONAL

Cálculo das derivadas de controle por Vortex Lattice e correção por resultados do XFOIL.

	Situação Limitante	Deflexão Máxima*
Ailerons	Curva Nivelada	4,0°
Leme	Curva Nivelada	5,5°
Profundor	Subida	-25,0°

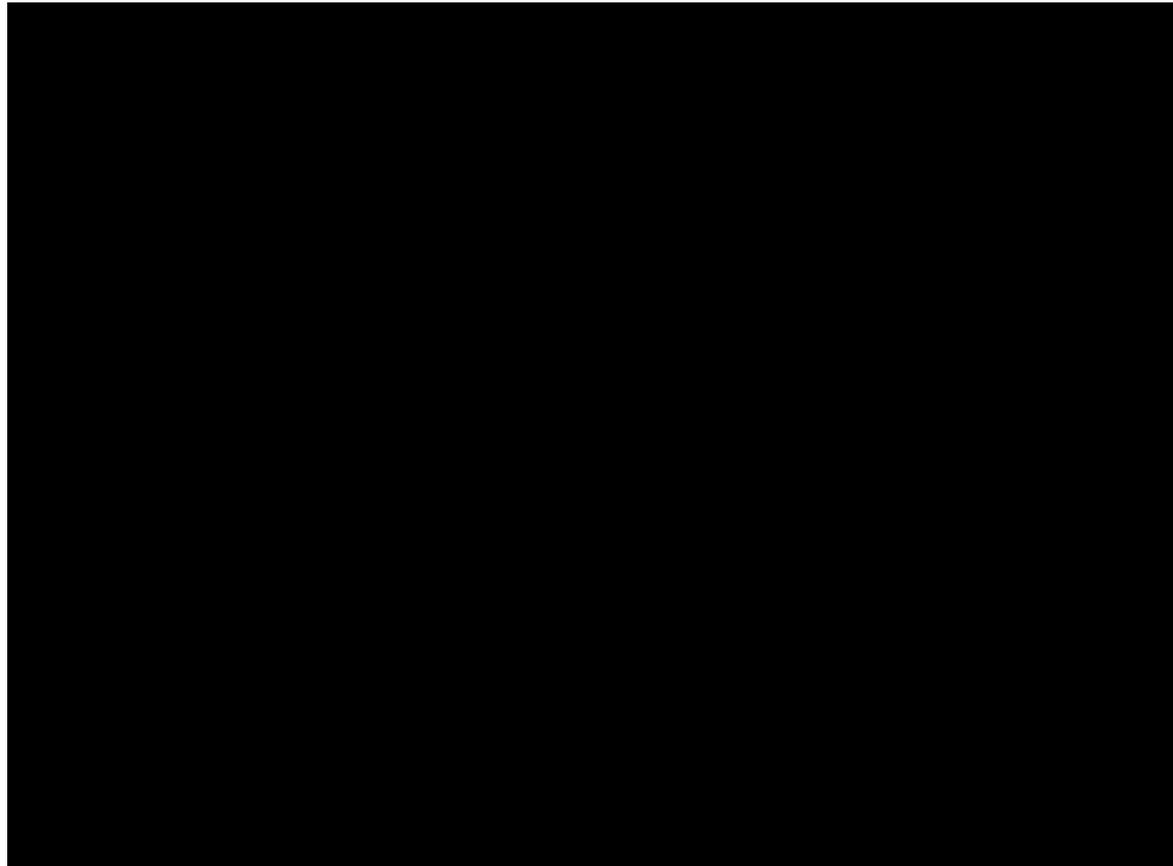
* Com relação à fuselagem.

1. Projeto
 Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e
 Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
 - 5.1. Controle
 Longitudinal
 - 5.2. Controle
 Látero-
 Direcional
6. Desempenho



CONTROLE LÁTERO-DIRECIONAL

- *Ensaio em túnel:*



1. Projeto
 Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e
 Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
- 5.1. Controle
 Longitudinal
- 5.2. Controle
 Látero-
 Direcional
6. Desempenho



1. Projeto
Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e
Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

DESEMPENHO

DESEMPENHO: REQUISITOS

1. Projeto
 Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e
 Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

- Objetivo principal: Cálculo de desempenho para obtenção da carga total máxima na competição.
- Análise crítica do regulamento FAR 23



Observação
mento/FAR 23
ítica FAR 23
de Vôo
ítica FAR 23
ítica FAR 23
ítica FAR 23
ficação

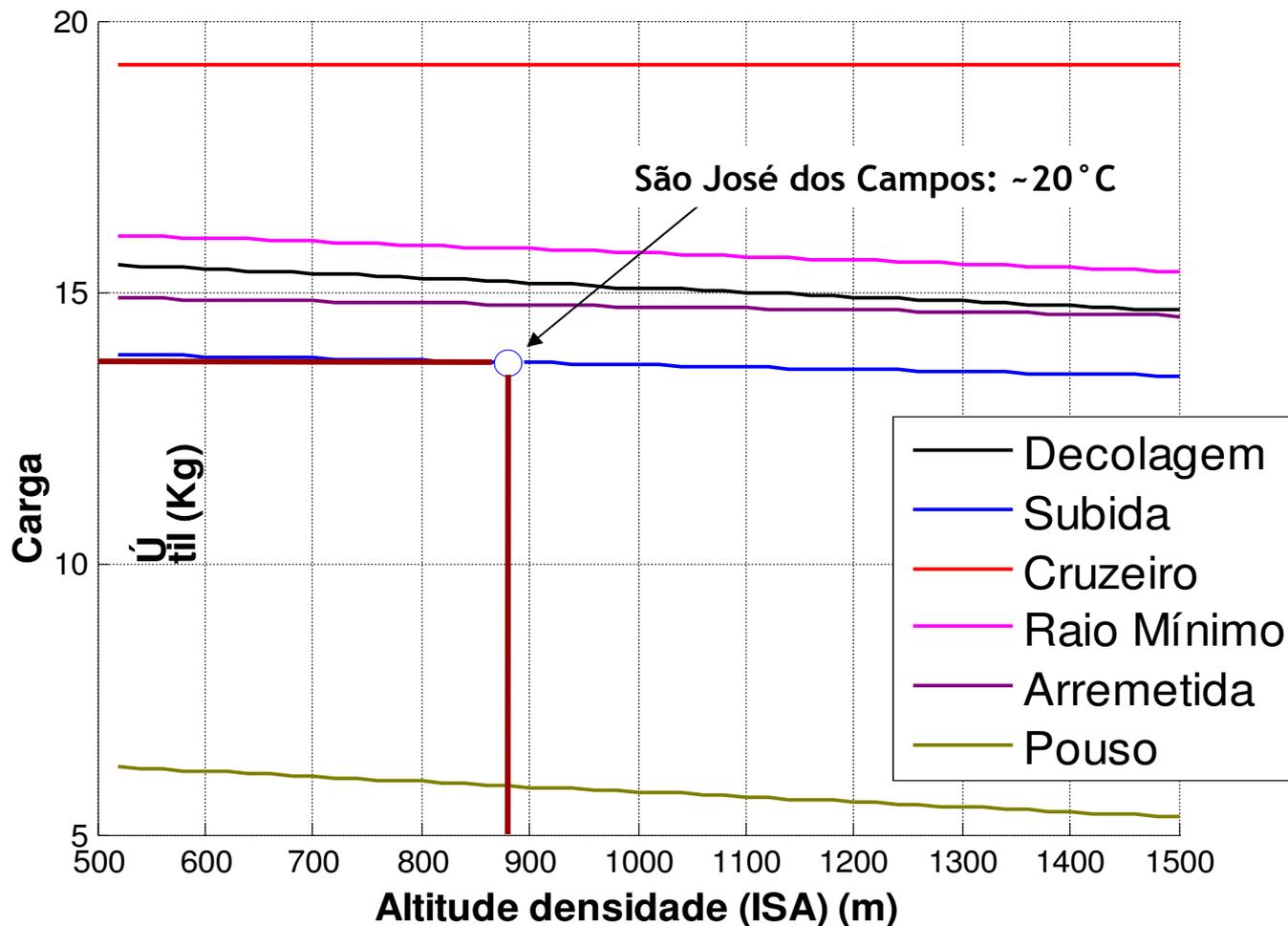


DESEMPENHO



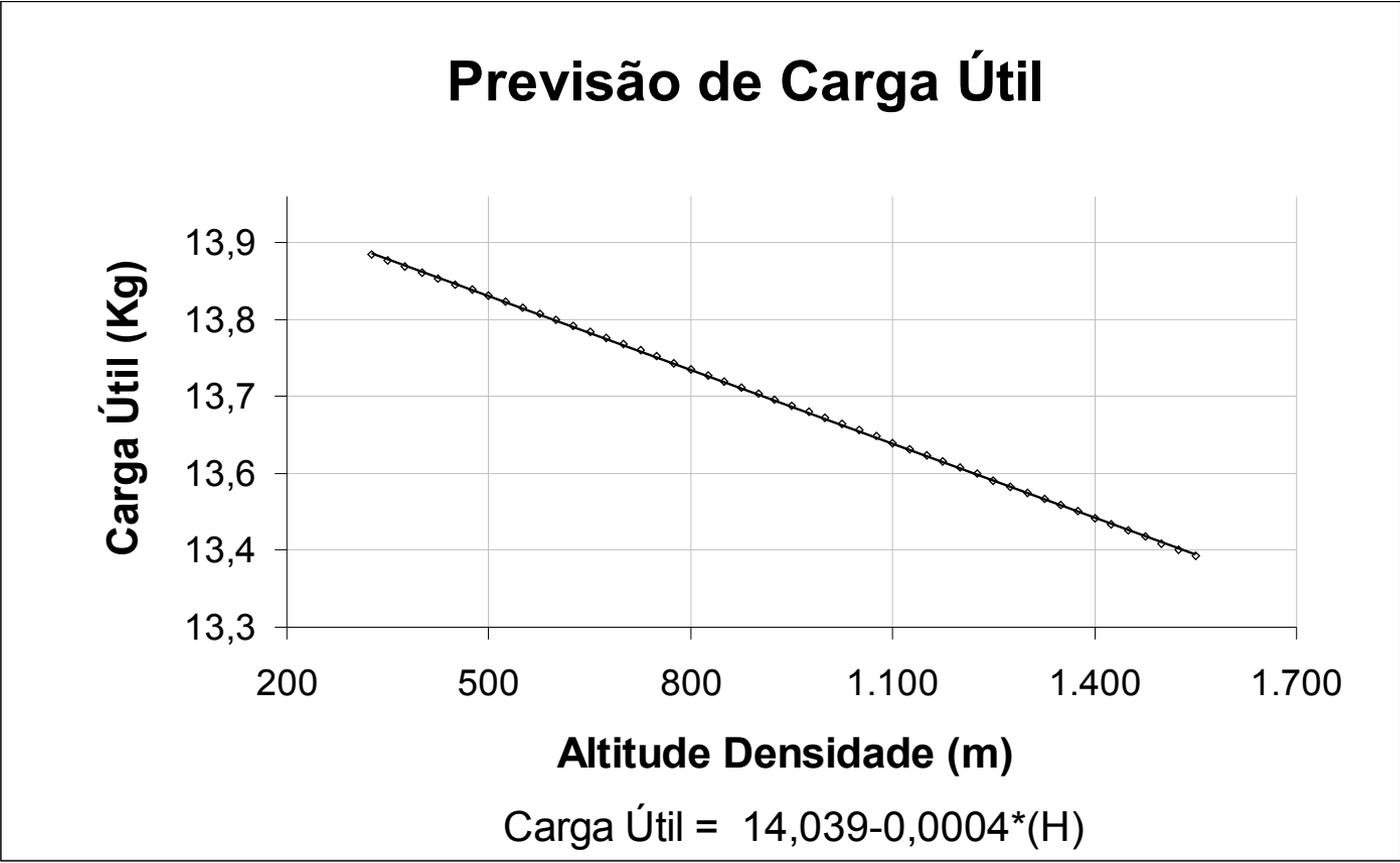
DESEMPENHO

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho



DESEMPENHO

- 1. Projeto Conceitual
- 2. Aerodinâmica
- 3. Cargas e Estruturas
- 4. Estabilidade
- 5. Controle
- 6. Desempenho



14

HoverGama

Agradecimentos



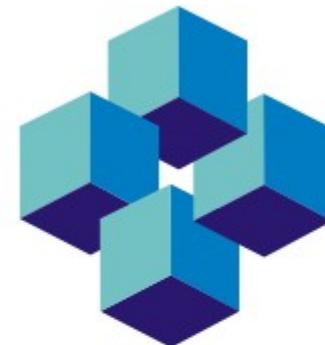
NSK

Diagtech

Diagnóstico e Tecnologia



FLIGHT SOLUTIONS



CENIC





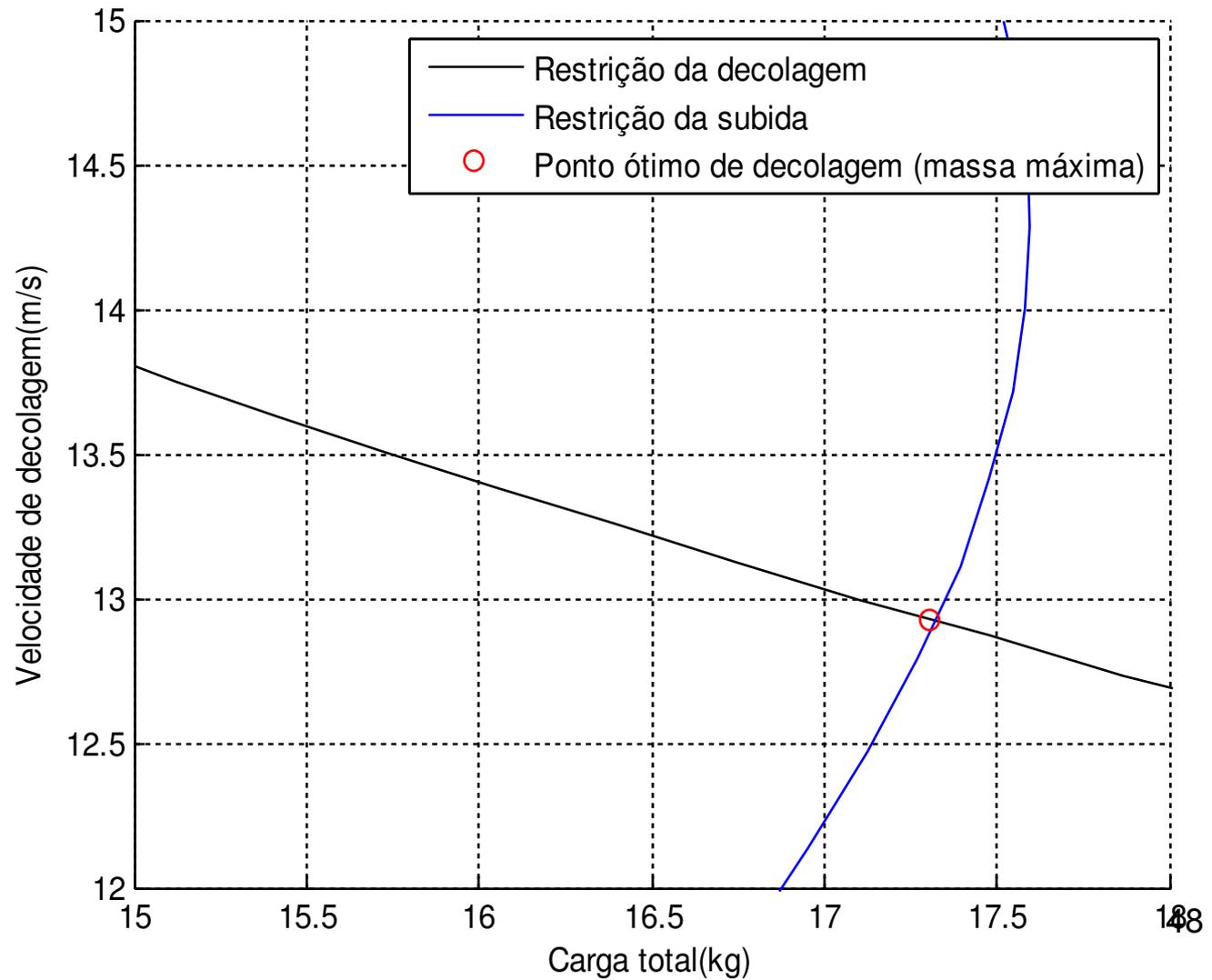
DESEMPENHO



DESEMPENHO

FAR 23 - §23.51(4).

- 1. Projeto Conceitual
- 2. Aerodinâmica
- 3. Cargas e Estruturas
- 4. Estabilidade
- 5. Controle
- 6. Desempenho





DESEMPENHO



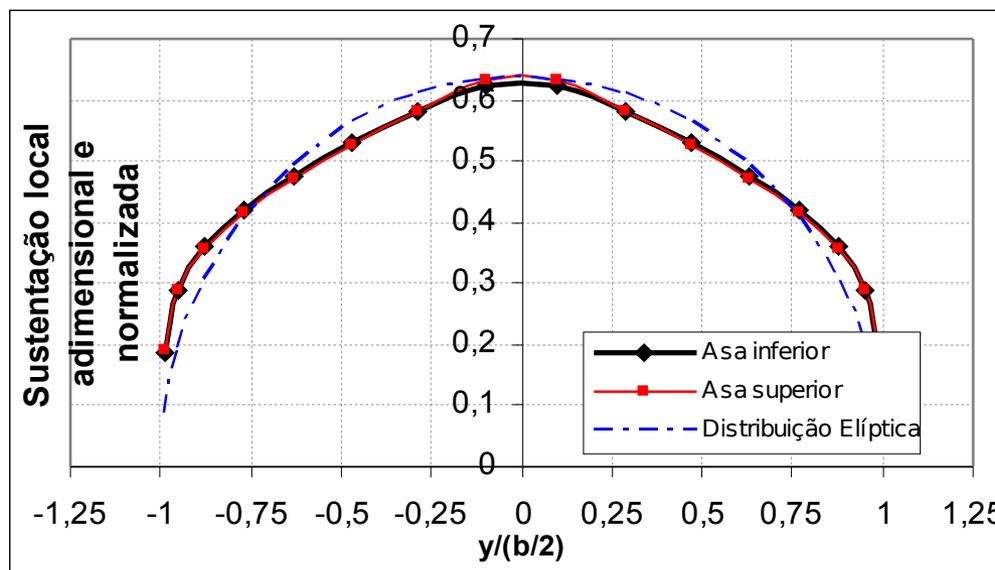
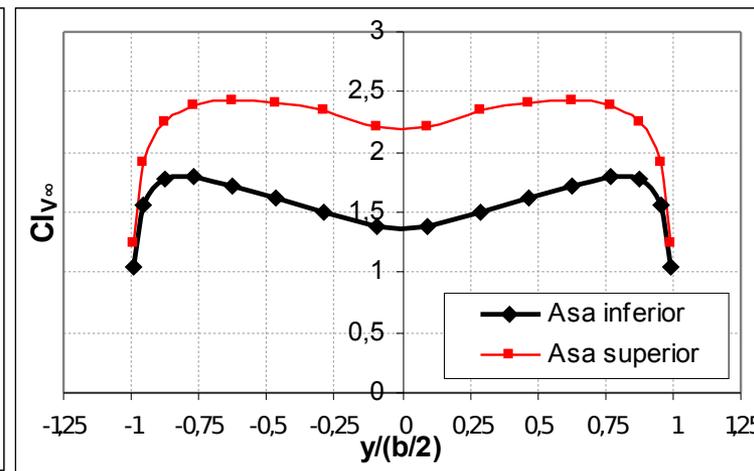
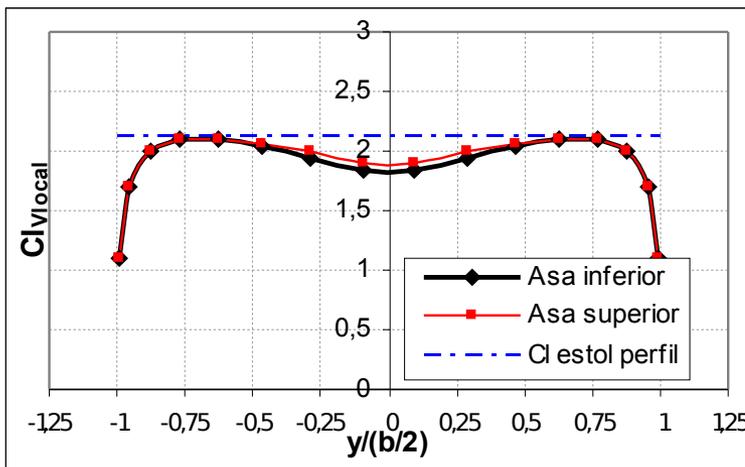
DESEMPENHO

1. Projeto
 Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e
 Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

Desempenho Pontual	
<i>Altitude Densidade 600 m</i>	
Propriedade:	Valor:
Velocidade de Stall:	10,9 m/s
Velocidade de decolagem:	12,8 m/s
Velocidade adequada para cruzeiro:	14,4 m/s
Velocidade máxima de vôo (Limitada pelo C_l min):	16,8 m/s
Razão de planeio (Alcance máximo):	(-)6,575°
Velocidade vertical em planeio (Alcance máximo):	1,8 m/s
Distância para parada completa em pouso:	227,75 m
Velocidade ao passar a marca de 122m no pouso:	8,5 m/s
Raio mínimo de Curva Nivelada:	27 m

ASAS

- Estol na região dos ailerons:

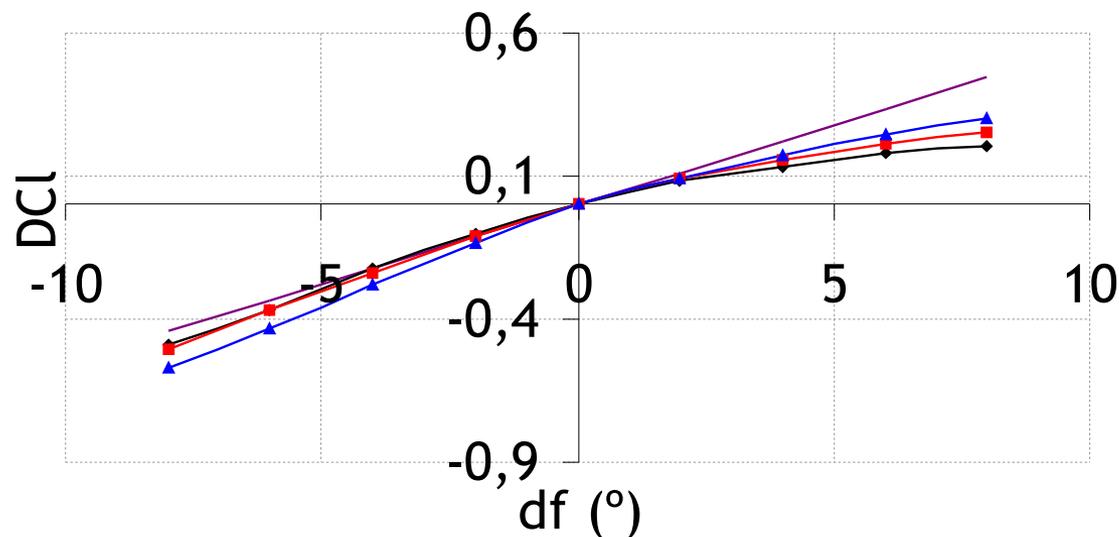


CONTROLE LÁTERO-DIRECIONAL

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
4. Estabilidade
5. Controle
 - 5.1. Controle Longitudinal
 - 5.2. Controle Látero-Direcional
6. Desempenho

Análise de efetividade dos ailerons no XFOIL:

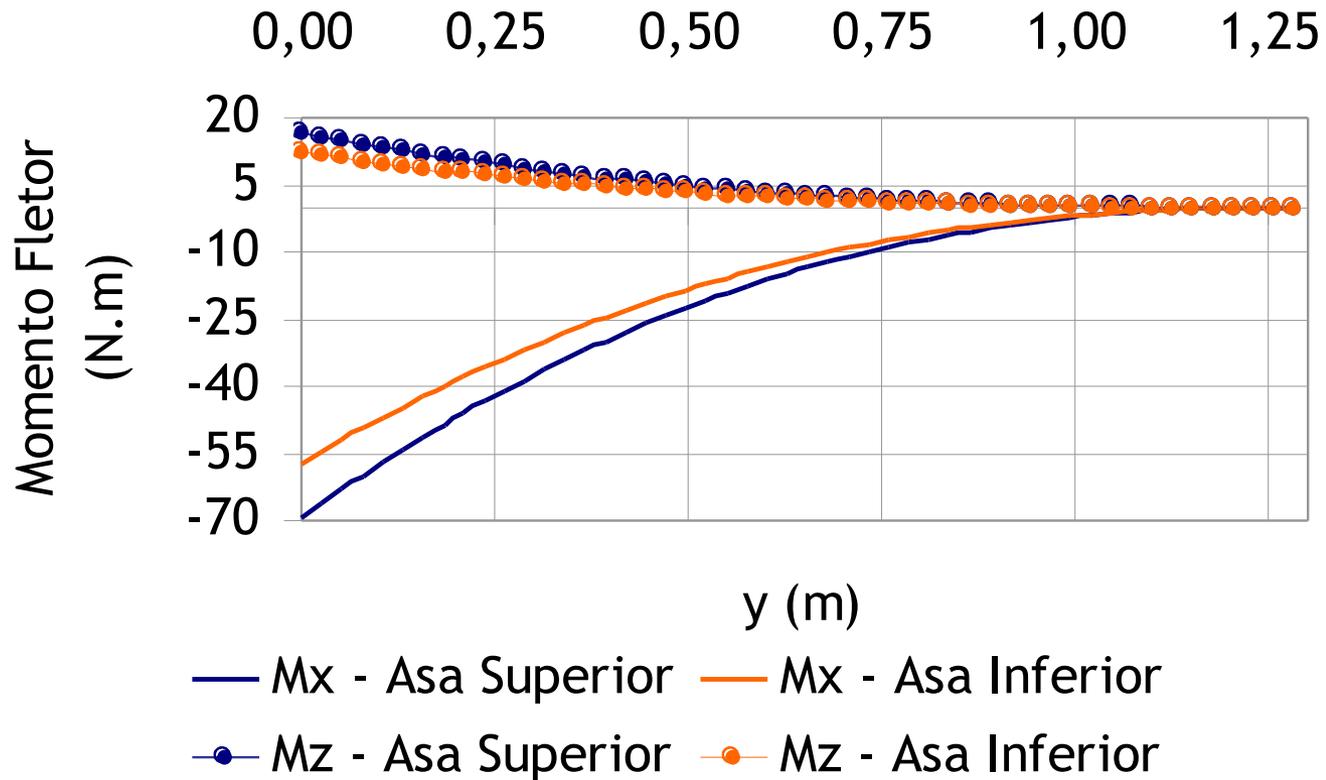
Não há precipitação do estol.



— Teórico [5] —◆— Alfa=6°
—■— Alfa=3° —▲— Alfa=0°

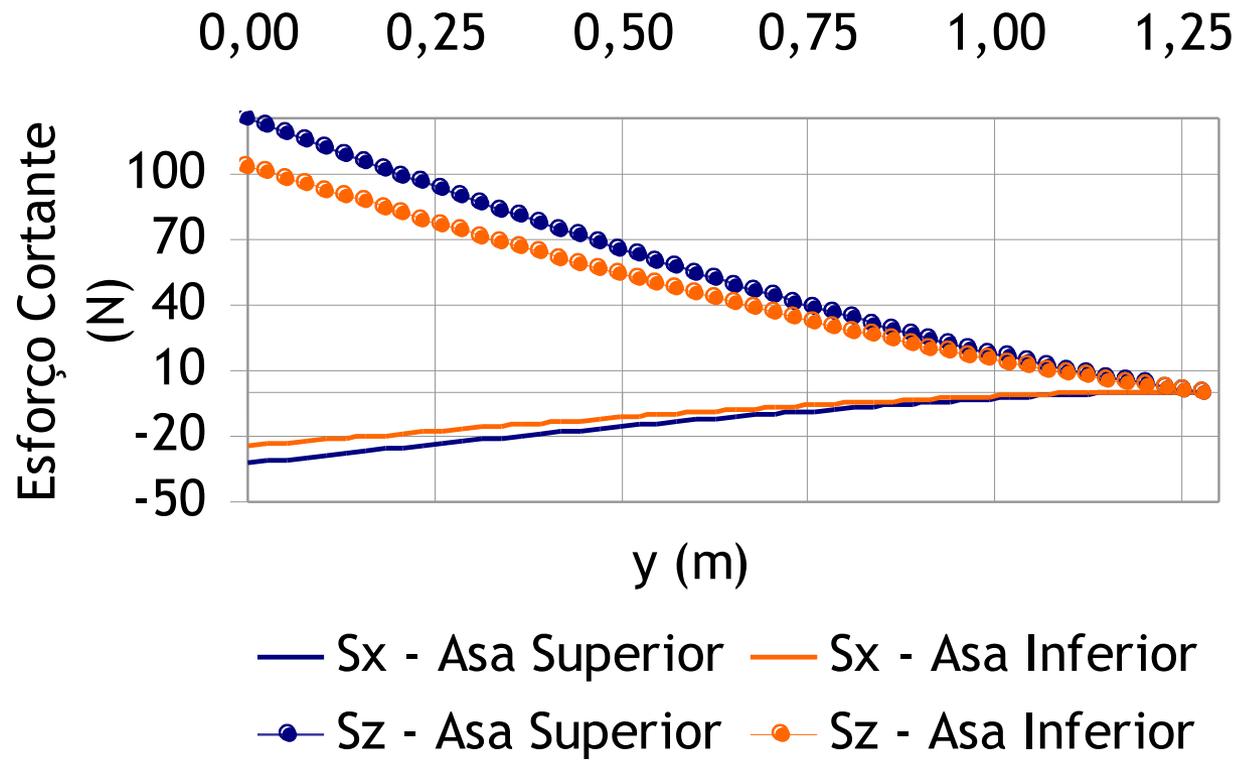
ASAS

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
 - 3.1. Materiais
 - 3.2. Envelope de Vôo
 - 3.3. Asas**
 - 3.4. Empenagens
 - 3.5. Fuselagem
 - 3.6. Tail Boom
 - 3.7. Junção das Asas
 - 3.8. Trem de Pouso
 - 3.9. Peso Final
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho



ASAS

- 1. Projeto Conceitual
- 2. Aerodinâmica
- 3. Cargas e Estruturas
 - 3.1. Materiais
 - 3.2. Envelope de Vôo
 - 3.3. Asas
 - 3.4. Empenagens
 - 3.5. Fuselagem
 - 3.6. Tail Boom
 - 3.7. Junção das Asas
 - 3.8. Trem de Pouso
 - 3.9. Peso Final
- 4. Estabilidade
- 5. Controle
- 6. Desempenho



ASAS

1. Projeto Conceitual
2. Aerodinâmica
3. Cargas e Estruturas
 - 3.1. Materiais
 - 3.2. Envelope de Vôo
 - 3.3. Asas
 - 3.4. Empenagens
 - 3.5. Fuselagem
 - 3.6. Tail Boom
 - 3.7. Junção das Asas
 - 3.8. Trem de Pouso
 - 3.9. Peso Final
4. Estabilidade
5. Controle
6. Desempenho

