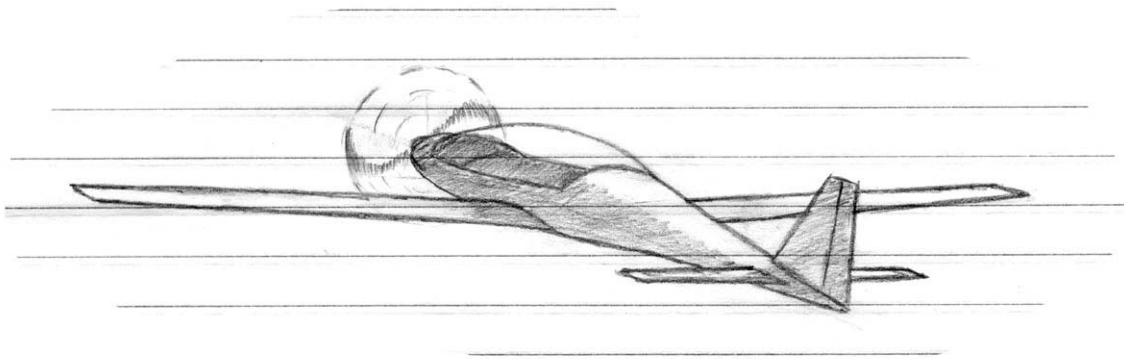


UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Departamento de Ciências Aeroespaciais

PROJECTO DE AERONAVES - 2026

2002/2003



ULTRALEVE

ULM-03

Descrição do Projecto

Docente: Pedro V. Gamboa

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	3
2. REQUISITOS	3
2.1. Missão	3
2.2. Desempenho	3
2.3. Motorização	4
2.4. Trem de Aterragem	4
2.5. Habitáculo	4
2.6. Peso e Centragem	4
2.7. Materiais	4
2.8. Comandos e Sistemas	5
2.9. Normas	5
3. TAREFAS	5
3.1. Configuração	5
3.2. Aerodinâmica	5
3.3. Desempenho	6
3.4. Sistemas	6
3.5. Materiais e Construção	6
3.6. Calendário de Tarefas	6
3.7. Realização do Trabalho	6
4. AVALIAÇÃO	7
4.1. Teste	7
4.2. Apresentação	7
4.3. Relatório	7
4.4. Exame	7
4.5. Classificação	8
5. BIBLIOGRAFIA	8
5.1. Livro de Texto	8
5.2. Livros de Projecto	8
5.3. Outros Livros de Interesse	9

1. INTRODUÇÃO

Pretende-se projectar um avião ultraleve de última geração. Como requisitos fundamentais, esta aeronave deverá permitir a obtenção de um desempenho em voo ao nível dos melhores da sua classe mas recorrendo a uma concepção simples que permita a sua comercialização por um preço final verdadeiramente concorrencial. O avião deve ser pequeno para minimizar a área molhada e o peso permitindo, assim, reduzir a potência requerida. Deve considerar-se a simplicidade de construção e de manutenção para manter os custos de aquisição e de operação baixos.

Configurações não convencionais e conceitos novos de aerodinâmica e propulsão podem ser aplicados com vista ao melhoramento do desempenho.

Esta descrição do projecto apresenta os requisitos a que a aeronave deverá responder, em termos de missão, desempenho, sistemas e materiais. Também são descritas as tarefas necessárias realizar durante o semestre bem como o plano de trabalhos a cumprir. Este projecto requer dedicação e trabalho contínuo para que os prazos sejam cumpridos e resulte uma boa aeronave.

2. REQUISITOS

Os requisitos para esta aeronave são apresentados abaixo. Não poderá haver qualquer modificação nos requisitos sem consulta do docente nem acordo de todos os grupos envolvidos no projecto.

2.1. Missão

O ULM-03 deve ser projectado para realizar 1 tarefa principal.

O veículo deve ter um alcance de pelo menos 500 km em voo de cruzeiro, transportando 2 tripulantes e uma bagagem de 25 kg.

Fase	Duração [min]	Potência [%]	Altitude inicial [m]	Altitude final [m]	Obs.
Aquecimento e rolagem	15	50	0	0	
Descolagem	*	100	0	15	
Subida	*	100	15	2000	
Cruzeiro	125	75	2000	2000	
Aproximação	*	ralenti	2000	15	
Aterragem	*	ralenti	15	0	
Rolagem	5	50	0	0	
Reservas	10	100	2000	2000	

* Resultado da análise da missão.

2.2. Desempenho

A aeronave deverá demonstrar as seguintes prestações mínimas principais (ISA – *International Standard Atmosphere*):

Velocidade de cruzeiro ao nível do mar	240 km/h (130 nós)
Razão de subida máxima ao nível do mar	5 m/s (984 pés/min)
Tempo de subida até aos 2000 m	8 min
Tecto de serviço	5000 m
Razão de planeio	15

2.3. Motorização

Deve ser escolhido um motor de combustão interna, tendo em conta o custo de aquisição e operação, bem como a potência específica e o consumo específico. O hélice poderá ser de passo fixo ou velocidade constante, escolha que deverá ser ponderada cuidadosamente.

2.4. Trem de Aterragem

O trem de aterragem do ULM-03 pode ser fixo ou retráctil mas deve ser capaz de suportar impactos no solo de 3,0 g e uma velocidade vertical de 2,5 m/s. Este deve ser construído em aço, alumínio ou compósito. A escolha da configuração do trem e dos pneus deve ter em conta a necessidade de operação em pistas pouco preparadas.

2.5. Habitáculo

O habitáculo deve alojar duas pessoas, lado a lado, em tandem ou desfasados, com estatura entre 1,60 m e 1,90 m. O comando deve ser duplo e a visibilidade deve ser boa em 220°, pelo menos. Os instrumentos de voo, navegação e comunicação, motor e indicação deverão ser duplicados conforme necessário. O avião não necessita de possuir capacidade superior a VFR (*Visual Flight Rating*).

2.6. Peso e Centragem

O passeio do CG (centro de gravidade) deverá ser tal que acomode uma variação de 12 % CMA (corda média aerodinâmica) sem que haja limites de operação. O peso máximo à descolagem do avião não poderá exceder os 450 kgf. Deverá ser considerado um espaço para levar 25 kg de bagagem no máximo.

2.7. Materiais

Deve dar-se preferência à fibra-de-vidro ou fibra-de-carbono na construção da estrutura principal do avião, podendo, no entanto, e caso justifique, usar-se madeira, aço, alumínio e tela. O principal objectivo é manter simplicidade na manutenção e reparação, bem como peso e custos baixos, mas mantendo uma capacidade de acelerações normais de pelo menos +4,5 g e -3,0 g.

2.8. Comandos e Sistemas

Os comandos do avião devem ser mecânicos de accionamento manual directo, com excepção da actuação dos flapes e do trem de aterragem, caso seja retáctil, que pode ser eléctrica ou hidráulica.

Deve considerar-se, assim, a existência de um sistema hidráulico/eléctrico para accionamento do mecanismo de retracção do trem e de travagem e de um sistema eléctrico para accionamento dos flapes (também pode ser manual ou hidráulico), para os instrumentos, luzes e ignição, quando relevante.

Deve, também, ser considerado um sistema de ventilação do habitáculo e, caso se preveja a operação prolongada do ULM-03 acima dos 3000 m, um sistema de oxigénio.

2.9. Normas

As restrições impostas ao veículo em termos de requisitos físicos estão mostradas na tabela abaixo (estes valores definem um ultraleve bilugar). As normas de projecto a utilizar, no que respeita ao dimensionamento da estrutura, podem ser as JAR-VLA.

Todo o trabalho desenvolvido deve ter como objectivo principal a segurança.

Massa máxima em ordem de voo com combustível (terrestre)	450 kg
Massa máxima em ordem de voo com combustível (hidroavião ou anfíbio)	495 kg
Velocidade de perda máxima	65 km/h

3. TAREFAS

Existem várias tarefas no projecto que devem ser realizadas segundo o calendário abaixo. Todos estes aspectos dependem uns dos outros, pelo que tem que haver uma inter-relação e actualização entre eles.

A maior parte dos cálculos podem ser realizados com o programa de computador Advanced Aircraft Analysis (AAA) da DarCorporation desenhado para projecto preliminar. É preferível realizá-los manualmente ou com a ajuda de folhas de cálculo. Os desenhos poderão ser realizados no CATIA V5 da Dassault/IBM, no AutoCAD da Autodesk ou no Aero-CAD da DarCorporation, sendo o primeiro preferível e mais flexível em desenhos 3D.

3.1. Configuração

A configuração do veículo deve ser escolhida de forma a permitir que os requisitos sejam completamente satisfeitos. Esta tarefa é de extrema importância porque deve integrar todas as necessidades das outras partes do projecto numa configuração viável. Deve ser realizado um estudo tridimensional preliminar de todos os elementos e integrá-los na estrutura.

3.2. Aerodinâmica

O estudo aerodinâmico deve incidir na escolha dos perfis, geometria das superfícies sustentadoras, carenagens, determinação das características aerodinâmicas (C_L , C_D e C_M),

bem como garantir que as escolhas feitas no projecto não afectem negativamente a aerodinâmica. Também é necessário realizar um estudo preliminar de estabilidade e controlo.

3.3. Desempenho

O sistema propulsivo (motor e sistema de alimentação) deve ser escolhido de acordo com o tipo de aeronave escolhido e os requisitos apresentados. Deve ser feita uma estimativa do desempenho (velocidades, tectos, tempos, consumos, etc.).

3.4. Sistemas

Deve ser feito o estudo do trem de aterragem e do sistema de controlo. Para o habitáculo é necessário escolher a disposição dos pilotos e verificar a ergonomia e a visibilidade.

3.5. Materiais e Construção

Os materiais para as diferentes partes da aeronave devem ser escolhidos adequadamente. Deve ser realizadas estimativas do peso e centragem e do custo final da aeronave.

3.6. Calendário de Tarefas

O quadro abaixo apresenta o calendário de tarefas do projecto que deverá, na medida do possível, ser cumprido.

Mês	F.	Março					Abril					Maio					Junho					Julho				
Tarefa \ Semana	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22				
Aulas Teóricas																										
Configuração																										
Aerodinâmica																										
Desempenho																										
Sistemas																										
Materiais e Construção																										
Teste																										
Apresentação																										
Relatório																										

Legenda:

	Aulas teóricas
	Trabalho a desenvolver durante o semestre
	Semanas sem aulas

3.7. Realização do Trabalho

O trabalho do projecto é realizado em grupos de 2 alunos. Este projecto requer bastante dedicação para ser terminado dentro do prazo.

	Aluno	Nº	Grupo	E-mail	Telefone
01	Nuno Fernandes Neto	9598	D		
02	António Manuel da Cruz Nery de Almeida	9972	A		
03	Marta Isabel Garcia da Costa	9976	A		
04	António Fernando Duarte dos Santos	10031	C		
05	Luís Filipe Ferreira Marques Santos	10272	C		
06	Ricardo Manuel Delgado Pereira	10849	E		
07	Yolanda Chantre Luna de Carvalho	11053	E		
08	Ana Sofia Marques Cardoso	11280			
09	Carla Patrícia Resende Dias Costa Gírio	11372			
10	David Ribeiro Simão	11669	D		
11	Jony Udílio Azevedo Pestana	12048	B		
12	Jorge Manuel Lopes Simão	12309			
13	Agostinho Eduardo Suca Cumbu	13115	B		

4. AVALIAÇÃO

A avaliação será feita baseada num teste, numa apresentação e num relatório.

4.1. Teste

O teste abrange as matérias teóricas expostas e discutidas nas aulas até ao dia da sua realização (23 de Maio – semana 15). O teste é de consulta.

4.2. Apresentação

No final do semestre vai realizar-se uma apresentação (13 de Junho – semana 15). Na apresentação, quando o projecto estiver praticamente concluído, cada grupo (2 elementos) deve mostrar aos outros que o seu projecto cumpre os requisitos, descrevendo os passos que levaram ao resultado final. Esta apresentação terá uma duração de 10-15 min por grupo e pode ser feita com a ajuda de um poster.

4.3. Relatório

Cada grupo deve redigir um relatório onde incluirá todos os passos relevantes no projecto da aeronave, incluindo configuração, decisões tomadas, cálculos, resultados, etc.. Deverão ser também incluídos todos os esboços e desenhos necessários para a compreensão do projecto, bem como as três vistas da aeronave. O número de páginas do relatório não deve exceder as 30, usando um tamanho de letra 12 e espaçamento entre linhas simples. O relatório deve ser entregue no dia da apresentação.

4.4. Exame

No exame será feito um teste escrito e deverá ser entregue uma melhoria do relatório.

4.5. Classificação

A admissão a Exame (classificação de “frequência”) requer a participação em todas as componentes de avaliação. A nota final será $F=0,4T+0,1A+0,5R$ e a aprovação será com $F>10$. Cada momento de avaliação tem os três componentes (teste, apresentação e relatório), mas a apresentação só é realizado uma vez.

1.	Frequência ($F=0,4T1+0,1A+0,5R1$)		100
	T1 Teste	23-05-2003	40
	A Apresentação	13-06-2003	10
	R1 Relatório	13-06-2003	50
2.	Exame de Época Normal ($F=0,4T2+0,1A+0,5R2$)	01-07-2003	100
	T2 Teste		40
	R2 Relatório		50
3.	Exame de Época de Recurso ($F=0,4T3+0,1A+0,5R3$)	19-07-2003	100
	T3 Teste		40
	R3 Relatório		50
4.	Exame de Época Especial ($F=0,4T4+0,1A+0,5R4$)	06-09-2003	100
	T4 Teste		40
	R4 Relatório		50

5. BIBLIOGRAFIA

Abaixo estão listados alguns livros que podem ser consultados para a realização deste projecto. Muita informação pode ser encontrada, também, na internet.

5.1. Livro de Texto

01. Daniel P. Raymer, Aircraft Design: A Conceptual Approach, 3rd Edition, AIAA Education Series, 1999

5.2. Livros de Projecto

02. Cláudio Barros, Introdução ao Projecto de Aeronaves – Volumes 1 & 2, CEA/UFGM, 1979
03. Darrol Stinton, The Design of the Aeroplane, Blackwell Science, 1983
04. Denis Howe, Aircraft Conceptual Design Synthesis, Professional Engineering Publishing, 2000
05. Egbert Torenbeek, Synthesis of Subsonic Airplane Design, Delft University Press, 1982
06. Jan Roskam, Airplane Design – Volumes I to VIII, The University of Kansas, 1990
07. Ladislao Pazmany, Light Airplane Design, Pazmany Aircraft Corporation
08. L. R. Jenkinson, P. Simpkin, D. Rhodes, Civil Jet Aircraft Design, Arnold, 1999

09. Thomas C. Corke, Design of Aircraft, Pearson Education, Inc., 2003

5.3. Outros Livros de Interesse

10. Abbot & Doenhoff, Theory of Wing Sections, Dover Publications Inc, 1959
11. Barnaby Wainfan, Airfoil Selection – Understanding and Choosing Arfoils for Light Aircraft, 1988
12. Barnes W. McCormick, Aerodynamics Aeronautics and Flight Mechanics – 2nd edition, John Wiley & Sons Inc, 1995
13. Bernard Etkin, Lloyd Duff Reid, Dynamics of Flight Stability and Control – 3rd edition, John Wiley & Sins Inc., 1996
14. Bill Clarke, The Cessna 172 – 2nd edition, Tab Books, 1993
15. Darrol Stinton, Flying Qualities and Flight Testing of the Airplane, AIAA Education Series, 1996
16. David A. Lombardo, Aircraft Systems –Understanding Your Airplane, Tab Books, 1988
17. Euroavia, Future Trainer Concept, 1999
18. Geoff Jones, Building and Flying Your Own Plane, Patrick Stephens Limited, 1992
19. Ian Moir & Allan Seabridge, Aircraft Systems, Longman Scientific & Technical, 1992
20. Jane's All the World Aircraft, 1995
21. JAR-23, Joint Aviation Requirements for Normal, Utility, Aerobatic and Commuter Category Aeroplanes, 1994
22. JAR-27, Joint Aviation Requirements for Small Rotorcraft, 1993
23. JAR-VLA, Joint Aviation Requirements for Very Light Aeroplanes, 1990
24. Ladislao Pazmany, Landing Gear Design for Light Aircraft – Volumes I & II, Pazmany Aircraft Corporation, 1986
25. John Cutler, Understanding Aircraft Structures, Blackwell Science, 1999
26. Martín Cuesta Alvarez, Vuelo con Motor Alternativo, Paraninfo, 1981
27. Robert C. Nelson, Flight Stability and Automatic Control, McGraw-Hill, 1989
28. S. Hoerner, Fluid Dynamic Drag, Hoerner Fluid Dynamics, 1965
29. S. Hoerner, Fluid Dynamic Lift, Hoerner Fluid Dynamics
30. Stelio Frati, L'Aliante, Editore Ulrico Hoepli, Milano, 1946
31. Ted L. Lomax, Structural Loads Analysis for Commercial Transport Aircraft – Theory and Practice, AIAA Education Series, 1996
32. The Metals Black Book – Volume 1 – Ferrous Metals, Casti Publishing Inc, 1995
33. The Metals Red Book – Volume 2 – Nonferrous Metals, Casti Publishing Inc, 1995
34. T. H. G. Megson, Aircraft Structures for Engineering Students – 2nd edition, Edward Arnold, 1990
35. Tony Bingelis, Firewall Forward – Engine Installation Methods, EAA Aviation Foundation, 1992
36. Tony Bingelis, Sportplane Construction Techniques – A Builder's Handbook, EAA Aviation Foundation, 1992
37. Tony Bingelis, The Sportplane Builder – Aircraft Construction Methods, EAA Aviation Foundation, 1992