

## Estruturas Aeroespaciais I –15089

2025/2026

# Descrição da Unidade Curricular

## 1. OBJETIVOS

Pretende-se que o aluno adquira competências adequadas que lhe possibilitem compreender a função dos diversos componentes das estruturas de veículos aeroespaciais, bem como calcular o nível de esforços decorrentes da aplicação de carregamentos associados à operação deste tipo de veículos.

No final da unidade curricular, o aluno deverá:

- identificar os principais elementos estruturais de uma aeronave e compreender a sua função;
- ser capaz de calcular as cargas aplicadas nos diferentes elementos estruturais da aeronave;
- compreender os fundamentos teóricos necessários para a definição das equações gerais de equilíbrio, identificando os seus diferentes termos e relacionando as grandezas principais (tensões e extensões);
- ser capaz de calcular esforços (tensões e deformações) em componentes aeronáuticos sujeitos a diferentes modos de carregamento;
- compreender os mecanismos de instabilidade estrutural em membros esbeltos;
- saber analisar e dimensionar estruturas uni- e multicelulares de paredes finas;
- saber projetar elementos estruturais de aeronaves.

## 2. PROGRAMA

0. Introdução à Unidade Curricular.

1. Introdução às Estruturas de Aeronaves: conceitos gerais; evolução histórica; tipos de componentes estruturais e sua função; tipos de cargas impostas à aeronave; requisitos de aeronavegabilidade; definição de envelope de voo.

2. Cálculo de cargas: definições, diagrama V-n, forças no avião, cargas nas asas, cargas nas empenagens, cargas na fuselagem, cargas no trem de aterragem.

3. Análise de estruturas de parede fina: esforços de flexão (tensões e deslocamentos); esforços de corte e torção em vigas de secção aberta e fechada; idealização estrutural.

4. Análise de tensões em componentes de aeronaves: longarinas com afilamento; vigas com secção variável; fuselagens; asas; aberturas em asas e fuselagens; nervuras e cavernas de fuselagens.

5. Instabilidade estrutural: contextualização do problema em estruturas aeronáuticas; instabilidade elástica e plástica em colunas e vigas; efeito de imperfeições; aspetos de projeto.

Estudo Individual 1 - Conceitos fundamentais: conceito de tensão e equações gerais de equilíbrio; tensões e rotações de eixos coordenados; deformações e extensões; equações de compatibilidade; introdução à teoria da elasticidade; equações constitutivas; extensometria.

Estudo Individual 2 - Ligações/Juntas: juntas sobrepostas simples; eficiência da junta; juntas rebitadas em grupo; juntas rebitadas excêntricas; juntas coladas; projeto e análise de olhais.

### 3. PROGRAMA/OBJETIVOS

Os exigentes requisitos de projeto das estruturas de aeronaves levam a que estas se caracterizem por elementos diferenciadores relativamente a outro tipo de estruturas usadas noutros modos de transporte. Por isso, e apesar de haver alguns aspetos comuns a outras áreas da Engenharia, as especificidades das estruturas presentes em veículos aeroespaciais justificam a existência de uma UC específica que possibilite a transmissão de conhecimentos de base tecnológica e científica orientados para este tipo de estruturas. Assim, esta unidade curricular surge como complemento natural a outras de natureza mais fundamental associadas à formação de um Engenheiro (por exemplo Mecânica dos Sólidos).

O programa está elaborado por forma que o aluno adquira competências que lhe possibilitem compreender a função dos diversos componentes das estruturas de veículos aeroespaciais, bem como calcular o nível de esforços decorrentes da aplicação de carregamentos associados à operação deste tipo de veículos.

### 4. METODOLOGIAS DE ENSINO

Esta unidade curricular está desenvolvida numa estrutura essencialmente teórico-prática. Nela, as matérias são transmitidas oralmente com apoio de projeção de diapositivos multimédia, de informação complementar escrita no quadro e através de resolução de um número elevado de exercícios. Em complemento, existe uma componente prática de projeto utilizando os conhecimentos adquiridos.

### 5. METODOLOGIAS/OBJETIVOS

As metodologias de ensino adotadas para esta unidade curricular seguem as tendências de unidades curriculares semelhantes em outras universidades, aliando a exposição oral e multimédia com a discussão dos temas e o trabalho de projeto. A estratégia pedagógica adotada assenta, também, no desenvolvimento de uma capacidade de análise crítica através da transmissão de conhecimentos teóricos fundamentais, da resolução de problemas práticos correspondentes a situações reais e à elaboração de um trabalho de pesquisa bibliográfica.

Apesar de haver um acompanhamento dos alunos por parte do docente da unidade curricular durante as horas de contacto, tanto nas matérias teóricas como nas práticas, é

necessário um trabalho individual superior fora da aula por parte do estudante, ao nível do estudo dos conteúdos da unidade curricular, ao nível do estudo de outras matérias relacionadas contidas nas referências bibliográficas e ao nível da realização do trabalho de projeto. Este trabalho individual fomenta a autonomia e a capacidade crítica do estudante.

Esta unidade curricular não tem componente de prática laboratorial. No entanto, os estudantes podem utilizar os recursos laboratoriais disponíveis fora das horas de contacto, para complementar a sua aprendizagem, nomeadamente, inspecionar as aeronaves existentes no laboratório.

Para apoio à leção desta unidade curricular são utilizados recursos de ensino/aprendizagem diferenciados, mas essenciais, nomeadamente:

- Projetor de vídeo
- Livros, artigos e outra bibliografia
- Apontamentos
- Computador
- Folhas de Cálculo
- Modelos de aeronaves desenvolvidas anteriormente na UBI e outros

## 6. CALENDÁRIO

Cada aula de duas horas tem uma tipologia teórico-prática para discutir assuntos relacionados com a matéria teórica, resolver problemas e desenvolver o projeto proposto. Na tabela abaixo é apresentado o calendário da matéria que deverá ser estudada em cada aula.

Semana	Datas	Capítulos	Páginas
1	08/09/2025	0 / 1	1-20
1	11/09/2025	1	21-41
2	15/09/2025	2	1-33
2	18/09/2025	2	34-67
3	22/09/2025	2	68-104
3	25/09/2025	2	105-145
4	29/09/2025	3	1-27
4	02/10/2025	teste escrito	-
5	06/10/2025	3	28-46
5	09/10/2025	3	47-68
6	13/10/2025	3	69-89
6	16/10/2025	3	90-111
7	20/10/2025	feriado	-
7	23/10/2025	3	112-125
8	27/10/2025	3	126-139
8	30/10/2025	3	140-157
9	03/11/2025	3 / apresentação trabalho	158-179
9	06/11/2025	4	1-26
10	10/11/2025	teste escrito	-
10	13/11/2025	4	27-35
11	17/11/2025	4	36-51
11	20/11/2025	4	52-69

12	24/11/2025	4	70-81
12	27/11/2025	4	82-86
13	01/12/2025	feriado	-
13	04/12/2025	4	87-92
14	08/12/2025	feriado	-
14	11/12/2025	4	93-108
15	15/12/2025	teste escrito	-
15	18/12/2025	5	1-42

Período de atendimento: segunda-feira às **16h00-17h30**.

## 7. AVALIAÇÃO

A avaliação é feita em três momentos que avaliam aspetos diferentes das competências adquiridas pelos estudantes: três testes escritos (T1, T2 e T3); e um relatório de projeto (T4). A classificação de ensino/aprendizagem é calculada com  $T = 0,2T1 + 0,2T2 + 0,2T3 + 0,4T4$ . A admissão a Exame (classificação de “frequência”) é permitida a qualquer aluno inscrito. A avaliação de exame é baseada num exame escrito (E1, E2 ou E3) e no trabalho de projeto realizado durante o semestre (o trabalho só é feito uma vez). A classificação do exame é  $E = 0,6 \times OU(E1,E2,E3) + 0,4T4$ . A nota final é  $F = MAIOR(T,E)$ . A aprovação acontece quando  $F \geq 10$ .

Cada momento de avaliação é resumido abaixo.

1.	Frequência ( $T = 0,2T1 + 0,2T2 + 0,2T3 + 0,4T4$ )			100
	T1	Teste escrito	02-10-2025 (11h00)	20
	T2	Teste escrito	10-11-2025 (09h00)	20
	T3	Teste escrito	15-12-2025 (09h00)	20
	T4	Trabalho	19-12-2025 (24h00)	40
2.	Exame ( $E = 0,6 \times OU(E1,E2) + 0,4T4$ )			100
	E1	Exame escrito Normal	??-01-2026 (??h30)	60
	E2	Exame escrito Recurso	??-01-2026 (??h30)	60
3.	Exame de Época Especial ( $E = 0,6E3 + 0,4T4$ )			100
	E3	Exame escrito	??-07-2026 (??h30)	60

## 8. BIBLIOGRAFIA

01. P.V. Gamboa, Apontamentos da unidade curricular - Estruturas Aeroespaciais I, ~540 acetatos, UBI, 2023.
02. T. Megson, “Aircraft Structures for Engineering Students”, 6<sup>th</sup> edition; Butterworth-Heinemann; 2017.
03. Bruce K. Donaldson; “Analysis of Aircraft Structures: An Introduction”; McGraw-Hill; 1993.
04. David Peery; “Aircraft Structures”, 2nd edition, McGraw-Hill; 1982.
05. C.T. Sun, “Mechanics of Aircraft Structures”; Wiley-Interscience; 1998.

06. F. Beer, E. Johnston, J. DeWolf, and D. Mazurek, “Mechanics of Materials”, 5th edition, McGraw-Hill Science; 2008.
07. F. Beer, E. Johnston, E. Eisenberg, and G. Staab, “Vector Mechanics for Engineers – Statics”; McGraw-Hill Science; 2003.
08. Carlos A. G. Moura Branco, “Mecânica dos Materiais”, 3ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian; 1998.
09. Michael C.Y. Niu, “Airframe Structural Design”, Conmilit Press LTD., 1998.