

Otimização em Engenharia – 15235

2025/2026 - 1º semestre

Descrição da Unidade Curricular

1. OBJETIVOS

Objetivos gerais: dotar os alunos de conhecimentos e competências sobre várias técnicas de otimização, e levá-los a adquirir as capacidades para a formulação de problemas de otimização com várias restrições e em diversos domínios, tendo em vista a tomada de decisão na área da engenharia. Para além das técnicas de otimização tradicionais, os estudantes serão capazes de compreender e aplicar técnicas meta-heurísticas bio inspiradas aplicadas à resolução de problemas de otimização multiobjetivo, e identificar as vantagens/desvantagens inerentes a cada técnica.

Objetivos específicos: identificar problemas de otimização em engenharia aeronáutica, e abordá-los de forma estruturada; formular o problema de otimização tendo em conta restrições e domínios; identificar condições de aplicabilidade de cada técnica de otimização; identificar a técnica de otimização adequada para a resolução de cada problema; desenvolver capacidades para o trabalho individual e em equipa; elaborar relatórios técnicos.

2. PROGRAMA

0. Introdução à Unidade Curricular.

1. Introdução: Terminologia, definição do problema e classificação dos problemas de otimização; Otimização em engenharia, projeto multidisciplinar e aplicações aeroespaciais; Métodos e algoritmos.

2. Otimização Linear: Algoritmos Primal e Simplex Revisto; Dualidade na Programação Linear; Algoritmos Simplex Dual e Primal-Dual; Análise de Sensibilidade.

3. Otimização Iterativa e Sem Restrições: Métodos e algoritmos (minimização de uma variável, condições de otimalidade, precisão numérica, taxa de convergência). Métodos (método da bissecção, método de Newton para encontrar raízes, método da secante, busca pela secção dourada, técnicas de busca linear).

4. Otimização Baseada em Gradiente: Gradientes e Hessianas; Condições de otimalidade; Direção de busca e tamanho do passo; Métodos de minimização sem restrições (método do gradiente íngreme, método do gradiente conjugado, método de Newton, métodos quasi-Newton, métodos de região de confiança) e com restrições (Métodos de Penalidade e Barreira, Métodos de Gradiente Reduzido e Projeção de Gradiente, Programação Sequencial Quadrática

(SQP)); Análise de sensibilidade (Diferenciação analítica, Diferenças finitas, Aproximação de Derivada Complexa, Diferenciação Algorítmica).

5. Otimização Sem Gradiente: Métodos heurísticos: Métodos baseados em população (Algoritmos Genéticos, Otimização por Enxame de Partículas), Métodos sem população (Simplex de Nelder-Mead, Método dos Retângulos Divididos (DIRECT)); Meta-heurísticas híbridas.

6. Modelos Substitutos: Métodos (aproximações polinomiais, planeamento de experiências, processos Gaussianos/Kriging); Aproximações de multi-fidelidade.

7. MDO em Engenharia Aeronáutica: Problemas de engenharia complexos; Formulação de problemas; Modelos; Análise multidisciplinar; Nível de Fidelidade; Arquiteturas de Decomposição (Descrição Unificada das Arquiteturas MDO, Arquiteturas Monolíticas, Arquiteturas Distribuídas, Questões de Benchmarking de Arquitetura); Suporte à Decisão.

3. PROGRAMA/OBJETIVOS

Para desenvolver nos estudantes um raciocínio crítico em torno da matéria e as competências que lhes permitam tomar as opções mais adequadas se confrontados com a tomada de decisão em cenários reais, a estrutura programática da UC desenvolve-se em 7 capítulos:

O Capítulo 1 situa métodos e algoritmos fundamentais nos problemas gerais e nos conceitos fundamentais de otimização,

Os Capítulos 2, 3, 4, 5, e 6 apresentam conceitos e métodos específicos para resolução de problemas de otimização em engenharia, bem como os algoritmos que melhor explicam as metodologias em causa. Eles ilustram conceitos teóricos com exemplos numéricos que facilitam o estudo e a visualização dos problemas. A seleção desses problemas é feita com base nas questões fundamentais colocadas à Otimização em Engenharia Aeronáutica.

O Capítulo 7 centra a resolução de problemas complexos de MDO em Engenharia Aeronáutica, ligando a sua formulação a métodos tradicionais e outros mais atuais.

4. METODOLOGIAS DE ENSINO

Esta unidade curricular está desenvolvida numa estrutura essencialmente teórico-prática: aulas de carácter teórico (30h) e teórico-prático (30h). Nas aulas, as matérias são transmitidas oralmente com apoio de projecção de diapositivos multimédia, de informação complementar escrita no quadro, da resolução de exercícios e da análise de casos de estudo. Diversa documentação de apoio também é distribuída aos estudantes.

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 do programa. 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 trabalhos.

Apesar de haver um acompanhamento dos alunos por parte dos docentes da unidade curricular durante as horas de contacto, tanto nas matérias teóricas como nas teórico-práticas, é necessário um trabalho individual adicional 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 dos trabalhos. Este trabalho individual fomenta a autonomia e a capacidade crítica do estudante.

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
- Software de análise e otimização

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 semana letiva.

Semana	Data	Capítulo	Páginas
1	08/09/2025	0 / 1	1-21
1	09/09/2025	1	22-82
2	15/09/2025	2	-
2	16/09/2025	2	-
3	22/09/2025	2	-
3	23/09/2025	2	-
4	29/09/2025	2	-
4	30/09/2025	3	-
5	06/10/2025	3	-
5	07/10/2025	3	-
6	13/10/2025	3	-
6	14/10/2025	4	-
7	20/10/2025	feriado	-
7	21/10/2025	4	-
8	27/10/2025	4	-
8	28/11/2025	4	-
9	03/11/2025	5	1-56
9	04/11/2025	5	57-119
10	10/11/2025	5	120-168
10	11/11/2025	5	-
11	17/11/2025	6	1-59
11	18/11/2025	6	60-108
12	24/11/2025	6	109-141
12	25/11/2025	7	1-51

13	01/12/2025	feriado	-
13	02/12/2025	7	52-119
14	08/12/2025	feriado	-
14	09/12/2025	7	120-152
15	15/12/2025	7	153-246
15	16/12/2025	7	247-275

A hora de atendimento é segundas às **11h00-12h30**.

7. AVALIAÇÃO

A avaliação é feita em diferentes momentos que avaliam aspetos diferentes das competências adquiridas pelos estudantes: três trabalhos (T1, T2 e T3). A classificação do processo ensino-aprendizagem é $T = 0,2T1 + 0,3T2 + 0,5T3$. Todos os estudantes são admitidos a exame. A avaliação de exame é baseada num teste escrito (E1, E2 or E3) e nos trabalhos realizados durante o semestre (os trabalhos só são feitos uma vez). A classificação do exame é $E = 0,5 \times OU(E1, E2, E3) + 0,5T$. A nota final é $F = \text{maior}(T, E)$. A aprovação acontece quando $F \geq 10$.

Cada momento de avaliação é resumido abaixo.

1.	Frequência ($T = 0,2T1 + 0,3T2 + 0,5T3$)			100
	T1	Trabalho 1	06-10-2025 (24h00)	20
	T2	Trabalho 2	03-11-2025 (24h00)	30
	T3	Trabalho 3	22-12-2025 (24h00)	50
2.	Exame ($E = 0,5 \times OU(E1, E2) + 0,5T$)			100
	E1	Exame escrito Normal	??-01-2026 (??h30)	50
	E2	Exame escrito Recurso	??-01-2026 (??h30)	50
3.	Exame de Época Especial ($E = 0,5 \times OU(E1, E2, E3) + 0,5T$)			100
	E3	Exame escrito Especial	??-07-2026 (??h30)	50

8. BIBLIOGRAFIA

01. Gamboa. P.V. (2024), Apontamentos da unidade curricular – Otimização em Engenharia (Capítulos 1, 5, 6 e 7), ~650 acetatos, UBI.
02. Martins, J.R.R.A., Ning, A. (2021) Engineering Design Optimization.
03. Cottle R., Thapa M. (2018) Linear and Nonlinear Optimization, SpringerVerlag.
04. Papageorgiou A., Tarkian M., Amadori K., Ölvander J. (2018) Multidisciplinary Design Optimization of Aerial Vehicles: A Review of Recent Advancements, International Journal of Aerospace Engineering.
05. Gandomi H., Talatahari S., Yang X-S., Alavi A. (2013) Metaheuristic Applications in Structures and Infrastructures, Elsevier.
06. Yang X-S. (2010) Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms, Luniver.
07. Watson L. (2008) Multidisciplinary Design Optimization. In: Floudas C, Pardalos P Encyclopedia of Optimization. Springer.

08. Engelbrecht A. (2007) Computational Intelligence, An Introduction, 2ª ed., John Wiley & Sons.
09. Nocedal J., Wright S. (2006) Numerical optimization, Springer.
10. Onwubiko C. (2000) Introduction to engineering design optimization, Prentice Hall.
11. Belegundu A., Tirupathi R. (1999) Optimization concepts and applications in engineering, Prentice Hall.
12. Tavares L., Correia F. (1985) Otimização Linear e Não Linear, Fundação Calouste Gulbenkian.