

Índice

Prefácio	v	do Mundo Helenístico	10
1. Introdução	xvi	2.7. O Judaísmo e o Importante Papel dos Judeus no Mundo	13
1.1. Do engenho e habilidade ou arte de fazer coisas úteis à resposta às preocupações sociais	xvi	2.8. O Cristianismo e a sua Ética Face aos Empréstimos com Juros	14
1.2. Objetivos	xvii	2.9. O Islão, sua Ética Face aos Empréstimos com Juros	15
1.3. São necessários conhecimentos e visão prospetiva para definir estratégias e contribuir para o desenvolvimento económico, social e humano	xviii	2.10. A Invenção da Imprensa e o Renascimento Europeu	16
1.4. Conteúdos, autores e revisores/comentadores dos diferentes capítulos do e-book	xix	2.11. A Expansão Portuguesa no Contexto da Expansão Cristã	17
1.5. Uma obra que deu muito prazer fazer, com a participação ativa de cerca de uma centena de pessoas	xxi	2.12. As Descobertas Portuguesas e Espanholas Abriam Caminho à Primeira Globalização Mundial	21
2. Revoluções Tecnológicas e Sociais	1	2.13. Consequências da Globalização na Alimentação e na População	25
2.1. Resumo e Justificação	1	2.14. A Reforma Protestante e o Nascimento do Capitalismo Moderno	28
2.2. Engenharia Mecânica, Domínio do Mundo e Qualidade de Vida	2	2.15. A Revolução Agrícola da Idade Contemporânea	30
2.3. As Primeiras Fases da Conquista do Domínio Sobre o Mundo Envoltente: a Invenção, Produção e Utilização de Ferramentas e o Domínio do Fogo	3	2.16. A Construção de Canais Navegáveis, as Autoestradas do Passado	31
2.4. O Desenvolvimento e Aprofundamento das Relações Sociais: o Desenvolvimento da Linguagem Falada e da Escrita	4	2.17. A Criação das Primeiras Bolsas dos Países Baixos	32
2.5. A Revolução Agrícola e o Nascimento da Civilização: a Criação de Povoações, de Cidades-Estado e de Impérios e o Desenvolvimento das Grandes Religiões e Filosofias	5	2.18. A Revolução Inglesa do século XVII e o Começo da Ascensão Britânica	33
2.6. Principais Culturas e Técnicas da Antiguidade Clássica	9	2.19. Evolução do Pensamento Económico: do Mercantilismo ao Capitalismo Liberal	35
2.6.1. Cultura e Técnicas Chinesas	9	2.19.1. Mercantilismo, Capitalismo Comercial ou Pré-Capitalismo	35
2.6.2. Técnicas, Ciência e Filosofia		2.19.2. Fisiocratas e Ordem Natural	35
		2.19.3. Liberalismo Económico e Capitalismo Industrial	36
		2.20. A Máquina a Vapor e a Primeira Revolução Industrial: 1765–1870	37
		2.20.1. A Revolução Mecânica dos Finais de Século XVIII	37
		2.20.2. A Revolução dos Transportes no Século XIX e as Migrações, em	

Larga Escala, de Europeus, Chineses e Indianos	41	2.31.2. A Criação da Internet e o Nascimento da Idade da Informação (<i>information age</i>)	57
2.21. O Telégrafo e a Adoção de um Único Padrão Monetário Facilitaram e Aceleraram o Comércio	42	2.32. A Ascensão dos BRIC, a Crise Financeira e o Dealbar de uma Nova Era	59
2.22. As Revoluções Políticas do Século XVIII e o Abanar das Antigas Estruturas Sociais Europeias	42	2.33. Referências Bibliográficas	61
2.22.1. A Declaração da Independência dos Estados Unidos da América, em 1776	42	Referências Sitiográficas	
2.22.2. A Revolução Francesa de 1789	43	3. Mecanismos e Órgãos de Máquinas	65
2.23. A Contrarrevolução Política, o Domínio Britânico dos Mares e do Mundo e a Justificação Pseudocientífica do Colonialismo Europeu	44	3.1. Definições	65
2.24. A Segunda Revolução Industrial (1870-1914)	44	3.2. Breve Introdução Histórica e Princípios Funcionais	66
2.24.1. A Revolução do Aço	44	3.2.1. As Máquinas Simples	68
2.24.2. A Revolução da Eletricidade	46	3.2.2. As Primeiras Máquinas	71
2.24.3. O Motor de Combustão Interna e a Segunda Revolução dos Transportes	47	3.2.3. Máquinas da Revolução Industrial	74
2.24.4. Mecanização da Agricultura	48	3.3. Mecanismos e Órgãos de Máquinas	78
2.25. O Predomínio britânico de 1815 a 1914	49	3.3.1. Motor de Combustão Interna a 4 Tempos	78
2.26. A Ascensão da Alemanha e outros Países a partir de 1870	49	3.3.1.1. Mecanismo de Biela-Manivela	81
2.27. A Revolução Industrial e a Procura de Novos Mercados Impulsionaram o Colonialismo Europeu	51	3.3.1.2. Volante do motor	97
2.28. A Ascensão dos Estados Unidos da América	52	3.3.1.3. Mecanismo de Distribuição	99
2.29. No Início do Século XX o Petróleo tornou-se o Mais Importante Recurso Natural para o Desenvolvimento Económico e para a Guerra	52	3.3.1.4. Outros Sistemas que constituem o Motor de Combustão Interna	113
2.30. As duas Guerras Mundiais, a Queda do Muro de Berlim e a Ascensão dos EUA a Potência Dominante	54	3.3.1.5. Embraiagem e Travões (acoplamentos de atrito)	114
2.31. A revolução Informática, iniciada cerca de 1977	55	3.3.2. Caixa de Velocidades	115
2.31.1. Os Primeiros Computadores	55	3.3.3. Veio de Transmissão	118
		3.3.4. Diferencial e Semieixos	119
		3.3.5. Segurança em Equipamentos Mecânicos	120
		3.4. Visão Prospetiva	121
		3.5. Referências Bibliográficas	123
		Referências Sitiográficas	
		4. Energia	125
		4.1. Introdução	125
		4.2. O que é a Energia	130

4.2.1. Conceito	130	5.3.5. Módulo de Rigidez	176
4.2.2. 1ª Lei da Termodinâmica ou da Conservação de Energia	131	5.3.6. Módulo de Compressibilidade	176
4.2.3. 2ª Lei da Termodinâmica	131	5.4. Tipos de Materiais	176
4.2.4. As Muitas Faces da Energia	133	5.4.1. Introdução	176
4.3. A Energia ao Longo dos Tempos	139	5.4.2. Metais e Ligas Metálicas	177
4.3.1. A Relação da Energia do Homem e dos Meios	139	5.4.3. Materiais Cerâmicos	178
4.3.2. As Tecnologias como Recurso Energético	142	5.4.4. Materiais Poliméricos	179
4.4. Os Marcos da Rotura Tecnológica	144	5.4.5. Materiais Compósitos	181
4.4.1. A Máquina a Vapor (século XVIII)	144	5.4.6. Nanomateriais	182
4.4.2. O Motor de Combustão Interna (século XIX)	146	5.4.7. Materiais Naturais	184
4.5. A Visão Sistêmica e a Eficiência Energética	148	5.5. Estruturas	184
4.5.1. Os Sistemas Energéticos	148	5.6. Conclusão e Perspetivas	189
4.5.2. Eficiência Energética	150	5.7. Referências Bibliográficas Referências Sitiográficas	190
4.5.3. Gestão da Procura Energética	154	6. Experimentação em Engenharia, Medições e Ensaios	193
4.6. A Sustentabilidade como Cúpula da Estratégia da Gestão da Energia	157	6.1. Medições	193
4.6.1. A Energia e o Aquecimento Global	157	6.1.1. Introdução e Alguns Conceitos Fundamentais	193
4.6.2. Princípio da Responsabili- dade Ambiental	158	6.1.2. Sistemas de Unidades, Análise Dimensional	194
4.6.3. Eficiência e Suficiência Energéticas	159	6.1.3. O Sistema Internacional de Unidades (SI)	195
4.6.4. Gestão Racional da Energia e Valorização Energética	160	6.1.3.1. Unidades Base do SI	195
4.7. Referências Bibliográficas	160	6.1.3.2. Múltiplos e Submúltiplos das unidades no S.I.	197
5. Materiais e Estruturas	162	6.1.4. Nomenclatura Relativa aos Grandes Números	197
5.1. Introdução	162	6.1.5. Erros de Medição, Incerteza e Noção de Tolerância	197
5.2. Projeto Estrutural e Materiais	165	6.1.6. Cadeia Metrológica, Calibração e Rastreabilidade	200
5.3. Mecânica dos Materiais	167	6.1.7. Metrologia Dimensional	202
5.3.1. Introdução	167	6.1.7.1. Paquímetro	202
5.3.2. Tensões e Deformações	169	6.1.7.2. Micrómetros	203
5.3.3. Lei de Hooke, Módulo de Young e Lei do Encruamento	171	6.1.7.3. Comparadores	203
5.3.4. Coeficiente de Poisson	175	6.1.7.4. Blocos-padrão ou Calibres Johansson e Régua de Senos	204

6.1.7.5. Calibres	205	de Gesso	234
6.1.7.6. Outros Instrumentos de Medição	206	7.2.3.5. Fundição em Coquilha	235
6.1.7.7. Rugosímetros e Equipamentos de Medição de formaRM	207	7.2.3.6. Fundição Injetada	236
6.1.8. Outras Grandezas	209	7.2.4. Referências Bibliográficas Referências Sitiográficas	236
6.2. Ensaio	209	7.3. Processos de Conformação Plástica	238
6.2.1. Ensaio de Materiais, de Componentes e de Equipamentos	210	7.3.1. Introdução	238
6.2.2. Ensaio de Modelos e Noção de Semelhança	212	7.3.2. Características e Tipos de Processos	239
6.2.3. Ensaio Sestrutivos e Não Destrutivos. Ensaio Mecânicos e Tecnológicos	212	7.3.3. Forjamento	241
6.2.3.1. Ensaio Mecânicos	212	7.3.4. Laminagem	243
6.2.3.2. Ensaio Tecnológicos	215	7.3.5. Extrusão e Trefilagem (Estiramento)	245
6.2.4. Ensaio Tribológicos; Atrito, Desgaste e Lubrificação	216	7.3.6. Conformação Plástica de Chapas	247
6.3. Referências Bibliográficas Referências Sitiográficas	218	7.3.7. Referências Bibliográficas Referências Sitiográficas Vídeos	250
7. Processos de Fabrico	221	7.4. Processamento de Polímeros e Materiais Compósitos de Matriz Polimérica	252
7.1. Enquadramento Histórico	222	7.4.1. Introdução	252
7.1.1. Perspetiva Histórica dos Processos e Materiais	222	7.4.2. Termoplásticos	252
7.1.2. Referências Bibliográficas Referências Sitiográficas	227	7.4.3. Termoendurecíveis	255
7.2. Fundição		7.4.4. Elastómeros	256
7.2.1. Introdução e Breve História da Fundição	228	7.4.5. Materiais Compósitos de Matriz Polimérica	258
7.2.2. Aplicações e Consumo Mundial de Peças Fundidas	228	7.4.6. Indústria Portuguesa de Polímeros e Compósitos	261
7.2.3. Principais Processos de Fundição	231	7.4.7. Referências Bibliográficas Referências Sitiográficas	263
7.2.3.1. Classificação dos Processos de Fundição	232	7.5. Maquinagem	265
7.2.3.2. Fundição em Areia	232	7.5.1. Introdução	265
7.2.3.3. Fundição por Cera Perdida	233	7.5.2. Processos Clássicos de Maquinagem	267
7.2.3.4. Fundição em Moldações		7.5.2.1. Formas de Revolução: Torneamento e Furação	267
		7.5.2.2. Formas Gerais: Fresagem, Mandrilagem e Corte	268
		7.5.2.3. Centros de Maquinagem e Conceitos de Maquinagem Avançados	270
		7.5.2.4. Maquinagem por Abrasão	271

7.5.3. Processos Alternativos de Maquinagem	272	Biomecânica	333
7.5.3.1. Eletroerosão, Laser, Plasma, Feixe de Iões e Jato de Água	272	9.2.1. História da Biomecânica	335
7.5.3.2. Micro / Nanofabricação	273	9.2.2. A Biomecânica na Atualidade	337
7.5.4. Referências Bibliográficas	278	9.3. Técnicas Experimentais	339
Referências Sitiográficas		9.4. Técnicas De Simulação	343
Vídeos		9.5. Termografia	345
7.6. Processos de Ligação de Materiais	282	9.6. Visão Prospetiva	349
7.6.1. Introdução	282	9.7. Referências Bibliográficas	349
7.6.2. O processo de Ligação de Materiais	283	Referências Sitiográficas	
7.6.3. Ligação Mecânica	286	10. Química Física da Vida:	
7.6.4. Ligação por Soldadura	287	Fotossíntese, Energia, Mecanobiologia,	
7.6.5. Soldagem e Brasagem	292	Microfluídica e Membranas	352
7.6.6. Ligação com Adesivos Estruturais	292	10.1. Fotossíntese e Energia	353
7.6.7. Referências Bibliográficas	294	10.1.1. Introdução	353
Referências Sitiográficas		10.1.2. Fotossíntese	356
8. Sistemas Automáticos	296	10.1.2.1. Fase dependente da luz	359
8.1. Introdução	296	10.1.2.2. Fase independente da luz ou de assimilação do carbono	364
8.2. Da Antiguidade Clássica à Revolução Industrial	300	10.1.2.3. Fotossíntese artificial	366
8.3. Modelos e Controladores	302	10.1.3. Oxidação do Carbono	369
8.3.1. Sistemas Dinâmicos Contínuos	306	10.1.3.1. Glicólise	370
8.3.2. Sistemas de Eventos Discretos	309	10.1.3.2. Ciclo do ácido cítrico	371
8.4. Sistemas de Controlo de Movimento	314	10.1.3.3. Fosforilação oxidativa	373
8.5. O Ascensor – Exemplo de Um Sistema Automático	319	10.1.3.4. Rendimento da oxidação aeróbia da glucose	374
8.5.1. Introdução	319	10.1.3.5. Catabolismo dos lípidos	375
8.5.2. Constituição	321	10.1.4. Referências Bibliográficas	377
8.5.3. Descrição	321	Referências Sitiográficas	
8.5.4. Grafcet	326	10.2. A mecânica da vida	380
8.6. O Futuro	326	10.2.1. Mecanobiologia - Aplicação da Engenharia Mecânica para o Estudo dos Princípios da Vida	380
8.7. Referências Bibliográficas	330	10.2.2. A “Mecânica” da Medicina Regenerativa e da Construção de Órgãos	381
Referências Sitiográficas		10.2.3. Células Estaminais - O con-	
9. Biomecânica	333		
9.1. Introdução	333		
9.2. A Evolução do Conceito			

ceito de “Nicho” como Paradigma		e Custos/Benefícios	417
Unificador Biologia-Engenharia	385	11.2.2. Tipos de Manutenção	418
10.2.4. Mecanotransdução -		11.2.3. RCM – Manutenção Centrada	
“Cross-Talk” Célula-Microambiente	386	na Fiabilidade	420
10.2.5. Análogos da Matriz Extra-		11.2.4. Manutenção Autônoma	422
celular com Aplicação em Engenharia		11.3. Sistemas de Informação na	
de Tecidos - A Importância		Gestão Industrial	423
das Propriedades Mecânicas	388	11.3.1. Armazenar Informação	424
10.2.6. Referências Bibliográficas	390	11.3.2. Comunicar Informação	426
10.3. Microfluidica	392	11.3.3. Extrair Valor da Informação	427
10.3.1. Breve história e suas		11.4. Conclusão e Perspetivas	428
aplicações	392	11.5. Referências Bibliográficas	429
10.3.2. Física da microfluídica	394	Referências Sitiográficas	
10.3.3. Principais técnicas de fabri-		12. A Matemática e a Engenharia	
cação em microfluidica	397	Mecânica	431
10.3.4. Técnicas de microvisuali-		12.1. A Matemática e a Mecânica/Enge-	
zação de escoamentos	398	nharia Mecânica ao Longo do Tempo	431
10.3.5. Aplicações e desafios	400	12.1.1. Pré-história: ~15000 a.C. a	
10.3.6. Referências Bibliográficas	404	10000 a.C. e de 10000 a.C. a	
Referências Sitiográficas		~5000 a.C.	432
10.4. Processos de Separação		12.1.2. O Oriente Antigo: de ~5000 a.C.	
por Membranas	407	a ~1000 a.C.	433
10.4.1. Referências Bibliográficas	411	12.1.2.1. A Matemática na	
11. Gestão Industrial	412	Mesopotâmia	433
11.1. Gestão de Operações	413	12.1.2.2. A Matemática no Antigo	
11.1.1. O que é a “Gestão” das		Egito	436
Operações?	413	12.1.2.3. A Matemática na	
11.1.2. Perspetiva Histórica da Gestão		China	437
das Operações	413	12.1.2.4. A Matemática na Índia	439
11.1.3. Planeamento Estratégico,		12.1.3. Civilização Grega e um	
Tático e Operacional da Produção	414	Novo Tipo de Ciência: ~900 a.C.	
11.1.4. Modelos Básicos de		a 400 d.C.	443
Implantação	414	12.1.4. Civilização Romana e o	
11.1.5. Planeamento de Necessidades		Declínio da Matemática Grega	451
de Materiais	415	12.1.5. A Influência Árabe na	
11.1.6. Abordagens à Programação		Matemática e na Ciência	452
de Operações	416	12.1.6. A Idade Média	452
11.1.7. Futuro da Gestão da		12.1.7. O Renascimento	454
Produção	417	12.1.8. A Matemática Moderna	455
11.2. Gestão da Manutenção	417	12.2. A Formalização da Mecânica	
11.2.1. Objetivos da Manutenção		com a Matemática e as Equações	

Matemáticas da Mecânica	457	14.3. A Modelação em CAD 3D e a Especificação Técnica no Desenvolvimento dos Produtos	500
12.2.1. Mecânica Newtoniana	457	14.3.1. Introdução	500
12.2.2. Mecânica Lagrangeana	459	14.3.2. Visão Geral Sobre a Evolução da Representação Gráfica em Engenharia	503
12.2.3. Mecânica Hamiltoniana	460	14.3.3. A Linguagem ISO de Especificação Geométrica de Produtos	510
12.2.4. Mecânica Relativista	462	14.3.3.1. Introdução ao Conceito de Toleranciamento	510
12.2.5. Mecânica Quântica	463	14.3.3.2. Princípio Fundamental de Independência	518
12.3. Novos Problemas em Engenharia Mecânica e Desenvolvimentos Matemáticos	466	14.3.4. Referências Bibliográficas	523
12.4. Referências Bibliográficas	468	14.4. Prototipagem e Fabrico Aditivo	525
Referências Sitiográficas		14.4.1. Processos Tradicionais de Criação de Protótipos	525
13. Simulação em Mecânica Estrutural e Processos	471	14.4.2. Modelação Manual	526
13.1. Introdução	471	14.4.3. Maquetismo	526
13.2. Conceitos Fundamentais	474	14.4.4. Carpintaria de Moldes	527
13.3. Aplicações	478	14.4.5. Maquinagem	527
13.4. Referências Bibliográficas	485	14.4.6. Processos de Fabrico Aditivo	528
14. Projeto e Desenvolvimento de Produto	487	14.4.7. Principais Sistemas de Fabrico Aditivo	530
14.1. Desenvolvimento de Produto e Inovação	487	14.4.8. Estereolitografia - SL	530
14.1.1. O Processo de Desenvolvimento e Inovação	487	14.4.9. Outros Processos	532
14.1.1.1. Modelo de Design em Engenharia	489	14.4.10. Referências Bibliográficas	533
14.1.1.2. Modelo “Stage-Gate” de Cooper	489	14.5. A Sustentabilidade. LCA – Life Cycle Assessment	534
14.1.1.3. Modelo Misto	490	14.5.1. Do desenvolvimento Sustentável ao <i>Ecodesign</i>	534
14.1.2. Referências Bibliográficas	492	14.5.2. Razões para o <i>Ecodesign</i>	534
14.2. Design Industrial	492	14.5.3. Normas e Regulamentos	536
14.2.1. O Design Industrial	493	14.5.4. Implementação do <i>Ecodesign</i>	537
14.2.2. História do Design Industrial	494	14.5.5. Avaliação do Ciclo-de-Vida	537
14.2.2.1. Origem do Design	494	14.5.6. Listas de Verificação	538
14.2.2.2. Movimento Arts and Crafts	495	14.5.7. Software	538
14.2.2.3. Movimento Art Nouveau e o Design Industrial	495	14.5.8. Obsolescência Programada e Sustentabilidade Ambiental	538
14.2.3. Referências Bibliográficas	499	14.5.9. Referências Bibliográficas	539

15. Desafios do Século XXI e Papel dos Engenheiros Mecânicos no Futuro	541	Práticas Educativas nos Finais do Século XIX e Princípios do Século XX	574
15.1. A Ciência e o Futuro, Segundo Michio Kaku	541	16.4.1. Jules Ferry e o Desenvolvimento da Escola Gratuita, Laica e Obrigatória em França	574
15.2. Os Objetivos de Desenvolvimento do Milénio e o Relatório do Desenvolvimento Humano, da ONU	545	16.4.2. Kerschensteiner e o Sistema Dual Alemão	575
15.3. Os Pilares do Desafio Estratégico da União Europeia e a Visão da ASME para o Século XXI	552	16.4.3. John Dewey e a Educação Experiencial	576
15.4. A CPLP, a Cultura Lusófona, o Mar e a Importância da Mútua Cooperação	555	16.4.4. O Movimento das Escolas Novas e da Escola Moderna, a Escola da Ponte e o Paradigma da Pedagogia Social de Autodesenvolvimento	576
15.5. A Necessidade de Estratégias e de Novos Paradigmas. Papel dos Engenheiros Mecânicos	557	16.5. Paulo Freire e a Pedagogia do Oprimido	579
15.6. Referências Bibliográficas e Referências Sitiográficas	561	16.6. A Pedagogia da Obra da Rua «O Gaiato»	582
16. A Evolução dos Modelos Educativos e a Formação de Engenheiros-Cidadãos para o Mundo	563	16.7. Sistemas Educativos Altamente Valorizados pelo PISA: Os Casos da Finlândia, da Coreia do Sul e de Shanghai	584
16.1. Educação e Sociedade	563	16.8. Algumas Mudanças na Educação em Portugal Depois de 25 de Abril de 1974	587
16.2. Modelos Educativos Clássicos	564	16.9. Os Progressos da Psicologia e das Ciências Neurobiológicas Abriram Caminho a Novas Visões Sobre a Educação	588
16.2.1. Um Instrumento para Disciplinar e Moldar Ment	564	16.10. Necessidade de Desenvolver e Aplicar Novos Modelos Educativos	591
16.2.2. Egito Antigo: Educação Utilitária	565	16.11. Pedagogias para Desenvolver Atitudes Cidadãs Responsáveis e Responder aos Desafios da Atualidade	592
16.2.3. Índia Antiga: Disciplina Espiritual	565	16.11.1. Informação, Conhecimento e Sabedoria	592
16.2.4. China: Moldar Comportamentos e Preparar Funcionários Imperiais	566	16.11.2. A Pirâmide das Aprendizagens	593
16.2.5. Grécia: Aprender a Pensar com Rigor e Independência	567	16.11.3. A Avaliação Desempenha um Papel Muito Importante na Educação	595
16.2.6. Roma: Engenharia e Direito	570	16.12. O Modelo de Bolonha e a Formação de Engenheiros do Renascimento do Século XXI	596
16.2.7. Educação religiosa e clássica na Europa Medieval e no Mundo Árabe	571		
16.3. O Paradigma Educativo da Era Industrial e o Ensino Técnico: uma Conceção Reducionista da Pessoa	572		
16.4. Desenvolvimento de Modelos e			

16.13. As Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), o Surgimento de Novas Ferramentas Pedagógicas e a Formação de Engenheiros-Cidadãos para o Mundo	599
16.14. Referências Bibliográficas	602
Referências Sitiográficas	