

## **INDICE**

LISTA DE FIGURAS vii

LISTA DE TABELAS ix

PREFÁCIO xi

### **I RUMO AO CONCEITO DE ECOLOGIA INDUSTRIAL 1**

#### **1 ECOLOGIA INDUSTRIAL, UM QUADRO CONCEPTUAL PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 3**

1.1 O homem, o ambiente e a evolução dos modelos económicos 5

1.2 A necessidade de novos modelos de desenvolvimento 34

1.3 Desenvolvimento sustentável: as estratégias estabelecidas nas últimas décadas para a sua promoção 42

1.4 Desenvolvimento sustentável: a necessidade de novos modelos de desenvolvimento 58

1.4.1 O fim de uma sociedade de consumo? 58

1.4.2 Sistemas de gestão ambiental 61

1.4.3 Evolução recente das estratégias de gestão ambiental 73

1.5 O contributo de uma metáfora: a ecologia industrial, um novo paradigma? 76

### **II AS FERRAMENTAS ASSOCIADAS À ECOLOGIA INDUSTRIAL 91**

#### **2 A CONTABILIZAÇÃO DOS FLUXOS DE MATERIAIS 93**

2.1 Descrição dos indicadores dos fluxos de materiais 100

2.2 O fecho dos balanços na CFM 103

2.3 Métodos de contabilização física no contexto da análise dos fluxos de materiais 105

2.3.1 Contabilização dos fluxos de materiais 105

2.3.2 Bulk internal flow — MFA 105

2.3.3 Physical input-output tables (PIOT) 106

2.3.4 Substance flow analysis (SFA) 108

2.3.5 Environmental space 108

2.3.6 Material input per unit of service (MIPS) 109

2.4 Limitações da CFM 111

2.5 Benchmarking internacional e pressão ambiental transfronteiriça 114

2.5.1 Os indicadores dos fluxos directos na avaliação da intensidade material dos países 115

#### **3 A AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA 119**

3.1 Introdução 121

3.2 Da análise energética de sistemas à ACV 124

3.3 Metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida 135

3.3.1 ACV — objectivos e âmbito 136

3.3.2 Unidade funcional 139

3.3.3 ACV — inventário 142

3.3.4 ACV — Avaliação do impacto ambiental 165

3.4	Notas sobre o custo do ciclo de vida	198
3.5	A informatização da avaliação do ciclo de vida	203
3.6	Análise de um caso de estudo da ACV modelado no programa informático SimaPro	207
3.6.1	Definição do objecto do estudo	208
3.6.2	Modelo informático do ciclo de vida das garrafas	211
3.6.3	Avaliação do impacto ambiental	230
4	A AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COM BASE NOS QUADROS ECONÓMICOS DE ENTRADAS-SAÍDAS (ACV-QES)	239
4.1	Breve historial dos modelos económicos baseados em quadros entradas-saídas	241
4.2	Estrutura de um modelo económico baseado em quadros entradas-saídas (QES)	245
4.2.1	A Tabela de Transacções	245
4.2.2	Tabela de coeficientes técnicos	249
4.2.3	Tabela de coeficientes de interdependência	249
4.3	Estrutura de um modelo de avaliação do ciclo de vida baseado nos quadros económicos de entradas-saídas (QES)	253
4.3.1	Modelo de quadro entradas-saídas para a avaliação do ciclo de vida (ACV-QES)	256
4.3.2	Modelo de quadro entradas-saídas híbrido para a avaliação do ciclo de vida (ACV-QES Híbrido)	258
4.4	Análise de um caso de aplicação do método ACV-QES híbrido	261
5	A DINÂMICA DE SISTEMAS APLICADA À ECOLOGIA INDUSTRIAL	269
5.1	A dinâmica de sistemas e a ecologia industrial	271
5.2	Aplicação da dinâmica de sistemas à gestão de veículos em fim de vida	274
5.2.1	Estratégias para a gestão de veículos em fim de vida	274
5.2.2	Formulação do modelo de dinâmica de sistemas	277
6	OPTIMIZAÇÃO ECONÓMICA E AMBIENTAL DO CICLO DE VIDA DE PRODUTOS	291
6.1	Extensão da utilização da ACV à análise económica através do uso de técnicas de investigação operacional	293
6.2	O método da LCAA — Life Cycle Activity Analysis	300
III	APLICAÇÕES DOS PRINCÍPIOS E DAS FERRAMENTAS DA ECOLOGIA INDUSTRIAL	305
7	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DA ACV-QES PARA O CÁLCULO DE GASES COM EMISSÕES DE EFEITO DE ESTUFA EM PORTUGAL	307
8	ECODESIGN	317

8.1	Estratégias para a promoção do ecodesign	320
8.1.1	Fase de Selecção de materiais e fabrico	323
8.1.2	Fase de distribuição e utilização	329
8.1.3	Fase de fim de vida	331
8.2	Análise de uma ferramenta informática para o apoio ao ecodesign	334
8.2.1	DfA: design for assembly	336
8.2.2	DfU: design for use	340
8.2.3	DfR: design for recycling	341
9	O METABOLISMO DA ECONOMIA PORTUGUESA	347
9.1	A utilização da contabilização dos fluxos de materiais para a caracterização do metabolismo das economias	349
9.1.1	O metabolismo das economias: modelos de desenvolvimento	351
9.2	O modelo de desenvolvimento da economia portuguesa: análise dinâmica	354
9.3	O metabolismo da economia portuguesa num ano de referência	358
10	SIMBIOSSES INDUSTRIAIS: UMA APLICAÇÃO DA ECOLOGIA INDUSTRIAL	363
10.1	As simbioses industriais no contexto da evolução recente das políticas de gestão de resíduos	365
10.2	Mecanismos para a promoção de Simbioses Industriais	369
10.2.1	Ecoparque industrial	370
10.2.2	Ecoparque industrial virtual	371
10.2.3	Rede ecoindustrial	371
10.2.4	Análise aos factores críticos para a promoção de simbioses industriais	372
10.3	Ecoparques industriais	376
10.3.1	Análise de casos de estudo internacionais: Kalundborg	377
10.3.2	Análise de casos de estudo internacionais: Devens	379
10.4	Simbioses industriais: bolsas de resíduos	381
10.4.1	Análise de uma experiência no funcionamento de bolsas de resíduos: Borsa de Subproductes de Catalunya	382
10.4.2	Um modelo de simbioses industriais para Portugal — uma bolsa de resíduos	382
	BIBLIOGRAFIA	389