

André Iglésias Neves

**Avaliação de Desempenho Ambiental do
Sistema de Gestão de Resíduos de Nordeste
(São Miguel)**



UNIVERSIDADE DOS AÇORES

Ponta Delgada

2010

André Iglésias Neves

**Avaliação de Desempenho Ambiental do
Sistema de Gestão de Resíduos de Nordeste
(São Miguel)**

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Ambiente, Saúde e Segurança

Trabalho efectuado sob a orientação de:

Professora Doutora Regina Maria Pires Toste Tristão da Cunha

Professor Doutor José Virgílio de Matos Figueira Cruz



UNIVERSIDADE DOS AÇORES

Ponta Delgada

2010

Agradecimentos

Embora uma dissertação seja, pela sua finalidade académica, um trabalho individual, há contributos de diversa natureza que não podem, nem devem, deixar de ser realçados. Por essa razão, desejo expressar os meus sinceros agradecimentos:

- À Professora Doutora Regina Maria Pires Toste Tristão da Cunha, pela orientação, disponibilidade e vasto conhecimento transmitido, que permitiu a elaboração e realização desta dissertação;
- Ao Professor Doutor José Virgílio de Matos Figueira Cruz, pelo co-orientação, disponibilidade e sugestões transmitidas, as quais enriqueceram o produto final desta dissertação;
- Ao Paulo Bruno da Empresa Municipal Nordeste Activo, pelos incansáveis encontros, pedidos e solicitações de informações fulcrais à execução desta dissertação;
- Ao Presidente da Câmara Municipal de Nordeste, José Carlos Barbosa Carreiro, pela sempre pronta disponibilidade em fornecer informações e pela autorização da utilização de material necessário à execução desta dissertação;
- À população do Concelho de Nordeste, em especial àqueles que prontamente participaram, com muita curiosidade e interesse em aprender, na experiência da separação de resíduos;
- À Mafalda pelas inúmeras horas de sono perdidas e pela paciência de tornar possível o impossível.

Resumo

Sendo os resíduos sólidos urbanos uma consequência directa das actividades diárias das sociedades, urge compreender de que modo evoluem no tempo as suas características principais, quer quantitativamente, quer qualitativamente, uma vez que têm profundas implicações na saúde pública e na qualidade dos ecossistemas.

Modelos de gestão de resíduos sólidos urbanos adequados e eficientes, nomeadamente, em matéria de recolha, transporte, tratamento, valorização e eliminação dos resíduos produzidos, permitem uma mitigação substancial, ambiental e económica, dos impactes adversos decorrentes da sua inevitável produção.

No sentido de avaliar o Desempenho Ambiental do Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos do concelho de Nordeste (São Miguel) foi aplicado um Modelo de Avaliação do Desempenho para Sistemas de Gestão de Resíduos Sólidos, considerando como referência o ano 2010. O Modelo de Avaliação do Desempenho Ambiental utilizado foi o Integrated Solid Waste Management (ISWM) (EPIC, 2002). Produziu-se um documento final, o Inventário Ambiental – Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (MSW), o qual contempla uma Análise de Inventário de Ciclo de Vida (ICV) para a energia consumida, gases de efeito de estufa, gases acidificantes, precursores de *smog*, metais e compostos orgânicos e resíduos indiferenciados.

Para o carregamento do Modelo foi necessário proceder à realização de uma experiência de caracterização de embalagens de plástico e metal. Para atingir estes objectivos seleccionaram-se, 15 famílias, que correspondem a 48 pessoas no total e, aproximadamente, a 0,9% da população total do concelho de Nordeste. Estas famílias, durante os 15 dias da experiência, separaram os resíduos de plástico, nos 7 tipos diferentes existentes, e de metal.

Concluiu-se que, em cada 100% de resíduos de embalagens produzidos num mês, 81% serão plásticos e apenas 19% metais. Ainda, em relação aos plásticos, concluiu-se que em 100% de plásticos produzidos num mês, 24,7% correspondem a Politereftalato de etileno (PETE), 22,0% a Polietileno de baixa densidade (LDPE), 19,8% a Polietileno de alta densidade (HDPE), 13,8% a Polipropileno (PP), 9,8% a Poliestireno (PS), 8,8% a Policloreto de vinilo (PVC) e 1,1% a Outros.

Verificou-se, ainda, que há muita informação contraditória sobre o que se pode depositar e o que não se pode depositar em cada ecoponto, nomeadamente as embalagens “Tetra Pak”, o que resulta de patentear instruções contraditórias ou mesmo indicações erróneas, demonstrando ser fundamental fomentar junto da população educação ambiental que, por um lado actuasse no sentido de informar sobre todo o sistema e funcionamento e, por outro, tivesse a capacidade de sensibilizar para uma correcta participação no mesmo.

Terminada a recolha de informação, procedeu-se à aplicação do Modelo. Este efectuou uma Análise de Ciclo de Vida. Para o caso do aterro de Nordeste, contribuíram para o Inventário do Ciclo de Vida a energia consumida, os gases de efeito de estufa (CO₂ e CO₂ equivalente), os metais pesados (chumbo e cádmio), a carência bioquímica de oxigénio (CBO) e os resíduos indiferenciados.

Abstract

Being municipal solid waste a direct consequence of the daily activities of our societies, it is important to understand how their main characteristics evolve in time quantitative and qualitatively. The characterization of solid waste is a tool that allows getting together important information to the study and applicability of suitable and efficient management models, mainly in what concerns the gathering, transport, valorisation and treatment of waste.

Appropriate and effective models of management of municipal solid waste, particularly in relation to collection, transportation, treatment, recovery and disposal of waste generated, allow a substantial mitigation, environmental and economic, from the adverse impacts arising from its inevitable production.

In order to evaluate the Environmental Performance for the System Management of Municipal Solid Waste in the municipality of Nordeste (São Miguel), an Evaluation Model of Performance for Systems Management of Municipal Solid Waste was applied, considering year 2010 data as reference. The Evaluation Model of Environmental Performance used was Integrated Solid Waste Management (ISWM) (EPIC, 2002). The Model provided a final document, Environmental Inventory – MSW Management System, which made a Net Life Cycle Inventory for energy consumed, greenhouse gases, acid gases, smog precursors, heavy metals and organics, and residual waste.

In order to get some specific information to run the Model, it was necessary to carry out an experiment of characterization for plastic and metal wastes. To achieve these objectives, 15 families were selected, which corresponded to a total of 48 people and approximately 0,9% of the total population of the municipality of Nordeste. These families, during the 15 days of the experiment, separated the waste of plastic, into the 7 different types of plastics available, and metal.

It was concluded that in 100% of packaging waste produced in a month that 81% will be plastics and only 19% will be metals. Still, and for plastics, it was concluded that 100% of plastics produced in a month, that 24,7% correspond to PETE, 22,0% to LDPE, 19,8% to HDPE, 13,8% to PP, 9,8% to PS, 8,8% to PVC and 1,1% to Other.

It was also found that there is too much conflicting information about what can be deposited and what cannot be deposited in each eco-point, in this specific case, “Tetra

Pak”, which have contradictory instructions and that there are other products in the family of plastics that simply show false statements, proving to be essential to promote environmental education among the population that, first acted to inform about the entire system and its functioning and, secondly, had the capacity to raise awareness for proper participation.

Once the data collection was done, the Model was implemented. This made a Life Cycle Analysis. For the case of the Nordeste landfill, contributed to the Life Cycle Inventory the energy consumed, greenhouse gases (CO₂ and CO₂ equivalent), heavy metals (lead and cadmium), biochemical oxygen demand (BOD) and residual waste.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract.....	vi
Índice	viii
Índice de tabelas	xiii
1. Introdução	1
1.1. Metodologia	4
2. O concelho de Nordeste	6
2.1. Enquadramento	6
2.2. População.....	8
2.3. Climatologia.....	11
2.4. Recursos hídricos	12
2.5. Sistemas de abastecimento de água	13
2.6. Sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais.....	16
3. Resíduos	19
3.1. Conceito e base jurídica.....	19
3.2. Princípios de gestão de resíduos	21
3.2.1. A política dos 3 R.....	22
3.3. Resíduos Sólidos.....	24
3.3.1. Conceito e tipologia.....	24
3.3.2. Composição	26
3.3.3. Produção e destino.....	27
3.3.4. Gestão de Sistema Integrado de Resíduos Sólidos.....	29
3.3.5. Plano Estratégico para Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU).....	31
3.4. Plano Estratégico de Gestão de Resíduos dos Açores (PEGRA)	32
4. Sistema de gestão de resíduos no Concelho de Nordeste.....	35
4.1. Descrição operacional.....	35
4.1.1. Unidade de Vermicompostagem	39
4.1.1.1. Sistema de recepção e descarga de resíduos	39
4.1.1.2. Compostagem em pilhas estáticas.....	39
4.1.1.3. Vermicultura.....	40
4.1.1.4. Secagem	41

4.1.1.5.	Linha de afinação e triagem de composto	41
4.1.1.6.	Linha de lavagem de plásticos	42
4.1.1.7.	Linha de transformação de matérias recicláveis	42
4.1.1.8.	Linha de ensacamento de fertilizante	43
4.1.1.9.	Sistema de armazenagem e expedição do composto.....	43
4.1.1.10.	Reactor biológico por Vermicompostagem.....	43
4.2.	Registo de resíduos	45
4.2.1.	Entrada anual de resíduos	45
4.2.2.	Entrada mensal de resíduos	48
4.2.3.	Saída anual de resíduos.....	51
4.2.4.	Saída mensal de resíduos.....	55
4.3.	Outros dados	58
4.3.1.	Veículos	58
4.3.1.1.	Recolha indiferenciada.....	58
4.3.1.2.	Recolha selectiva.....	60
4.3.2.	Metal e os vários tipos de plástico.....	61
4.3.2.1.	Tipos de plásticos.....	64
5.	Descrição do modelo de avaliação do desempenho de sistemas de gestão de resíduos.....	67
5.1.	Introdução	67
5.1.1.	Fundamentação do modelo.....	67
5.2.	Âmbito de aplicação	68
5.2.1.	Resíduos/Sistemas de gestão de resíduos	68
5.3.	Os limites do sistema	70
5.3.1.	Modelo de análise ambiental	70
5.4.	Parâmetros ambientais	73
6.	Ensaio de triagem e quantificação de resíduos plástico/metal	76
6.1.	Procedimentos.....	76
6.2.	Contrariedades na realização do ensaio	78
6.3.	Resultados.....	83
7.	Aplicação do Modelo de Avaliação do Desempenho Ambiental ao caso de estudo de Nordeste.....	86
7.1.	Introdução	86
7.2.	Inserção de dados.....	88

7.2.1.	Produção de resíduos e sua composição.....	88
7.2.2.	Fluxo de resíduos.....	89
7.2.3.	Recolha e transporte	90
7.2.4.	Seleção da rede eléctrica.....	92
7.2.5.	Reciclagem	94
7.2.6.	Unidade de recuperação de materiais	95
7.2.7.	Compostagem	96
7.2.8.	Aplicação no solo	97
7.2.9.	Energia de resíduos.....	98
7.2.10.	Deposição em aterro	100
7.3.	Discussão dos resultados	105
8.	Conclusões	114
9.	Bibliografia:	117

Índice de figuras

Figura 1: Enquadramento regional do concelho de Nordeste (Fonte: Revisão do Plano Director Municipal de Nordeste – Junho 2009).....	6
Figura 2: Território municipal de Nordeste – Freguesias (Fonte: Revisão do Plano Director Municipal de Nordeste – Junho 2009).....	7
Figura 3: Sistemas Aquíferos e nascentes existentes no concelho de Nordeste (Fonte: Revisão do Plano Director Municipal de Nordeste – Junho 2009).....	13
Figura 4: Sistemas de abastecimento de água, respectivas infra-estruturas e agentes de pressão no consumo de água no concelho de Nordeste (Fonte: Revisão do Plano Director Municipal de Nordeste – Junho 2009).....	15
Figura 5: Sistemas de saneamento de águas residuais e infra-estruturas de tratamento de águas residuais e resíduos no concelho de Nordeste (Fonte: Revisão do Plano Director Municipal de Nordeste – Junho 2009).....	17
Figura 6: Classificação dos Resíduos Sólidos (Fonte: Levy <i>et al.</i> , 2006).....	25
Figura 7: Evolução da produção de RSU e da capitação diária em Portugal Continental (1995 – 2005) (Fonte: PERSU).....	28
Figura 8: Gestão de Sistema Integrado de Resíduos Sólidos (Fonte: Levy <i>et al.</i> , 2006).	30
Figura 9: Vista aérea do aterro sanitário de Nordeste (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).	35
Figura 10: Exemplo da recolha selectiva porta-a-porta no comércio (A) e nas habitações (B).	36
Figura 11: Futura unidade de vermicompostagem em projecto (A) e em construção (B) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).....	37
Figura 12: Ecopontos para o processo de recolha selectiva de resíduos no concelho de Nordeste	38
Figura 13: Centro de tratamento de resíduos – fluxograma operacional e equipamentos (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).....	44
Figura 14: Veículo de recolha indiferenciada (A) e (B).....	59
Figura 15: Veículo de recolha selectiva (A) e (B) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).	60
Figura 16: Contentor de fardos e contentor de resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE).....	62

Figura 17: Vista parcial de células dos ecocentros.....	63
Figura 18: Fardos de embalagens compactados (A) e (B).....	63
Figura 19: Pormenor de fardos de embalagens compactados.....	64
Figura 20: Sacos de lixo usados na experiência (A) e modo de entrega (B).	76
Figura 21: Triagem de resíduos de plástico/metálico (A) e quantificação final (B).	78
Figura 22: Parte da informação incluída no folheto relativa ao ecoponto azul (A) e ecoponto amarelo (B) (Fonte: Nordeste Activo, E.M.).....	79
Figura 23: Pormenor impresso no ecoponto amarelo relativo aos resíduos a depositar no seu interior.....	80
Figura 24: Informação em embalagens “Tetra Pak” de leite sobre a sua deposição final em ecoponto amarelo (A) e ecoponto azul (B).	80
Figura 25: Identificação das várias camadas da embalagem “Tetra Pak” (Fonte: Wikipedia, 2010).....	81
Figura 26: Pormenor de um saco de plástico “Modelo” em relação ao seu tipo.....	82
Figura 27: Página inicial do Modelo ISWM.	87
Figura 28: Página A do Modelo ISWM.....	88
Figura 29: Página B do Modelo ISWM.....	90
Figura 30: Página C do Modelo ISWM.....	92
Figura 31: Página D do Modelo ISWM.....	93
Figura 32: Página E do Modelo ISWM.....	94
Figura 33: Página F do Modelo ISWM.	96
Figura 34: Página J do Modelo ISWM.....	102
Figura 35: Eco-eficiência do sector energético – produção e transformação de energia (Fonte: IA, 2005).....	106
Figura 36: Principais emissões de gases de efeito de estufa (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O) em 2004, repartidas pelos principais sectores de actividade (Fonte: IA, 2005).....	107
Figura 37: Variação do equivalente ácido entre 1990 e 2004 por poluente e por sector de actividade (Fonte: IA, 2005).	108
Figura 38: Variação das emissões de substâncias precursoras do ozono troposférico entre 1990 e 2004 por poluente e por sector de actividade (Fonte: IA, 2005).	109

Índice de tabelas

Tabela 1: Área, perímetro, extensão máxima e altimetria em Nordeste (Fonte: Serviço Regional de Estatística dos Açores – Março 2010).....	7
Tabela 2: Evolução da população residente ao nível regional e concelhio (Fonte: Serviço Regional de Estatística dos Açores – Março 2010).....	9
Tabela 3: Estimativas da população residente (Grupo Etário 0-14, 15-24, 25-64, 65+) e do parque habitacional em Nordeste (Fonte: Serviço Regional de Estatística dos Açores – Março 2010).....	9
Tabela 4: Projecção demográfica para a ilha de São Miguel e concelho de Nordeste e variação populacional (Fonte: Revisão do Plano Director Municipal de Nordeste – Junho 2009).....	10
Tabela 5: População residente segundo o seu nível de qualificação em 2001, por freguesia (Fonte: Serviço Regional de Estatística dos Açores – Março 2010).	11
Tabela 6: Abastecimento de água em Nordeste (Fonte: Serviço Regional de Estatística dos Açores – Março 2010).	12
Tabela 7: Caracterização das captações de água do sistema público do concelho de Nordeste (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2009).	14
Tabela 8: Caracterização das principais infra-estruturas do sistema de abastecimento público do concelho de Nordeste por sistema (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2009).	16
Tabela 9: Consumo de água abastecida pela rede pública, drenagem e tratamento de águas residuais em Nordeste (Fonte: Serviço Regional de Estatística dos Açores – Março 2010).	18
Tabela 10: Parâmetros relevantes para as operações de remoção e valorização de resíduos (Fonte Levy <i>et al.</i> , 2006).	26
Tabela 11: Composição física média dos RSU – 1993 (Fonte: PERSU).	27
Tabela 12: Composição física média (% em peso) dos RSU, em 2004 (Fonte: PEGRA, 2007).	27
Tabela 13: Estimativas populacional e de capitação e produção de RSU em 2004 (Fonte: PEGRA, 2007).	28
Tabela 14: Destino dos RSU produzidos em Portugal continental (^a Inclui lixeiras (1999-2002) e vazadouros controlados (2003-2005); ^b A recolha selectiva	

multimaterial, com vista à reciclagem, inclui as embalagens, papel/cartão, vidro e pilhas nos ecopontos, porta-a-porta e ecocentros.) (Fonte: Oliveira <i>et al.</i> , 2009). .	29
Tabela 15: Destino dos RSU produzidos no arquipélago dos Açores (^a Inclui lixeiras (1999-2002) e vazadouros controlados (2003-2005); ^b A recolha selectiva multimaterial, com vista à reciclagem, inclui as embalagens, papel/cartão, vidro e pilhas nos ecopontos, porta-a-porta e ecocentros.) (Fonte: Oliveira <i>et al.</i> , 2009). .	29
Tabela 16: Dias para a recolha selectiva no concelho de Nordeste (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).....	38
Tabela 17: Entrada anual de resíduos provenientes da recolha selectiva no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2006 (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).	45
Tabela 18: Entrada anual de resíduos provenientes da recolha selectiva no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2007 (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).	46
Tabela 19: Entrada anual de resíduos provenientes da recolha selectiva no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2008 (^a Ferro velho + REEE. – resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos + sofás + móveis.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).	47
Tabela 20: Entrada anual de resíduos provenientes da recolha selectiva no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2009 (^a Ferro velho + sofás + móveis + sucata; ^b Pneus.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).	48
Tabela 21: Entrada mensal de resíduos provenientes da recolha selectiva no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2007 (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).	49
Tabela 22: Entrada mensal de resíduos provenientes da recolha selectiva no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2008 (a Ferro velho + REEE. – resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos + sofás + móveis.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).	50
Tabela 23: Entrada mensal de resíduos provenientes da recolha selectiva no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2009 (^a Ferro velho + sofás + móveis + sucata; ^b Pneus.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).	51
Tabela 24: Saída anual de resíduos provenientes da recolha selectiva do aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2006 (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).....	52

Tabela 25: Saída anual de resíduos provenientes da recolha selectiva do aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2007 (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).....	53
Tabela 26: Saída anual de resíduos provenientes da recolha selectiva do aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2008 (^a Ferro velho.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).	54
Tabela 27: Saída anual de resíduos provenientes da recolha selectiva do aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2009 (^a Ferro velho; ^b Pneus.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).....	55
Tabela 28: Saída mensal de resíduos provenientes da recolha selectiva do aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2007 (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).	56
Tabela 29: Saída mensal de resíduos provenientes da recolha selectiva do aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2008 (^a Ferro velho.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).....	57
Tabela 30: Saída mensal de resíduos provenientes da recolha selectiva do aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2009 (^a Ferro velho; ^b Pneus.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).	58
Tabela 31: N° de km e quantidade de combustível para o veículo de recolha indiferenciada (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).....	59
Tabela 32: Serviço, circuito, n° de km e quantidade de combustível para o veículo de recolha selectiva (^a Concelho = todas as freguesias do concelho de Nordeste.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).....	61
Tabela 33: Tipos de plásticos termoplásticos, usos mais comuns e símbolos (Fonte: Oliveira <i>et al.</i> , 2009).	66
Tabela 34: Materiais indiferenciados/combinções de práticas de gestão de resíduos avaliadas pelo modelo (* Outros resíduos incluem têxteis, borracha, fraldas, lixo de animais domésticos, pneus, resíduos de renovações de casas, produtos de linha branca e resíduos domésticos perigosos.) (Fonte: EPIC/CSR Integrated Solid Waste Management Tools: Project Report).	69
Tabela 35: Parâmetros ambientais seleccionados (Fonte: EPIC/CSR Integrated Solid Waste Management Tools: Project Report).	73
Tabela 36: Parâmetros indicadores (Fonte: EPIC/CSR Integrated Solid Waste Management Tools: Project Report).	74
Tabela 37: Categorias de Impacte Ambiental do IWM (Fonte: Guinée, 2001).	75

Tabela 38: Informação relativa às famílias que participaram na experiência (M = Masculino/F = Feminino).....	77
Tabela 39: Resíduos produzidos (em 15 dias) pelas famílias que participaram na experiência.	83
Tabela 40: Entrada mensal de resíduos no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2010 (^a Ferro velho; ^b Pneus.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).	84
Tabela 41: Resíduos produzidos num mês pelas famílias que participaram na experiência.	85
Tabela 42: Definições do Modelo para a grelha eléctrica (Fonte: EPIC/CSR Integrated Solid Waste Management Tools: Project Report).....	93
Tabela 43: Módulos ambientais finais – componentes do sistema de gestão de resíduos.	103
Tabela 44: Inventário ambiental – sistema de gestão dos resíduos sólidos urbanos (MSW) (^a A quantidade de resíduos geridos foi arredondada (+/- 17 toneladas); ^b GJ = gigajoule (10 ⁹ J)).....	104
Tabela 45: Constituição típica do biogás de aterros sanitários Fonte: (Parker, 1983).	105

1. Introdução

A problemática em torno do tema relativo à gestão dos resíduos sólidos tem vindo a aprofundar-se ao longo dos séculos. Da antiguidade, e até meados do século XVIII, quando surgiram as primeiras indústrias na Europa, os resíduos produzidos eram, basicamente, compostos por cinzas e restos de alimentos (Eigenheer, 2003). A partir da revolução industrial, houve uma aceleração no processo de crescimento económico global, e esse crescimento aumentou sensivelmente a geração de resíduos provenientes também do processo produtivo, ou seja, produção de objectos de consumo em larga escala e, conseqüentemente, aumento do volume e da diversidade dos resíduos gerados.

Desde meados da década de 80 do século XX, os países mais industrializados têm prestado uma maior atenção aos procedimentos de gestão e valorização dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e às conseqüências ambientais associadas.

É um facto que, hoje em dia, vários sectores governamentais, e mesmo a sociedade civil, começam a mobilizar-se para enfrentar o problema da gestão de resíduos, que durante muito tempo foi relegado para segundo plano.

O tema da limpeza urbana está a assumir um papel de relevo na sociedade portuguesa em geral, e nas comunidades locais em particular, em função de uma infinidade de aspectos, nomeadamente os associados à saúde pública (prevenção de doenças), ao ambiente (poluição de massas de água de superfície e subterrâneas), aos aspectos sociais ou, ainda, às pressões exercidas pelo sector turístico.

Difícilmente a geração de resíduos será eliminada, pois estes são produzidos pela maioria das actividades humanas. Todavia, procura a sua minimização, num contexto marcado pelos critérios da redução, reutilização e reciclagem, é da maior importância para que se atinja a sustentabilidade dos aglomerados urbanos.

Além dos tipos de resíduos clássicos (resíduos sólidos urbanos, industriais, agrícolas, hospitalares e derivados da actividade industrial), existem outros tipos de materiais, cuja importância e diversificação tem vindo a aumentar, devido ao desenvolvimento tecnológico e à multiplicação do número e características de novos materiais e componentes, nomeadamente o vidro, o papel e seus derivados e o plástico.

Os resultados de investigações relacionadas com os efeitos ambientais e sobre as práticas de gestão de resíduos mostram que o estabelecimento das melhores opções para a gestão de resíduos depende de um número específico de factores, que incluem:

- as características dos resíduos;
- a eficiência da recolha dos resíduos e dos sistemas de processamento necessários para as diferentes práticas de gestão;
- a disponibilidade e a proximidade de mercados para os materiais recuperados;
- o uso final de materiais recuperados dos fluxos de resíduos;
- o padrão de emissões para o qual as instalações de gestão de resíduos são projectadas e operam;
- a rentabilidade da protecção ambiental obtida por diferentes práticas de gestão de resíduos;
- as preferências sociais da comunidade.

Diversos modelos têm sido desenvolvidos nas últimas décadas, para apoiar a tomada de decisão na gestão dos resíduos sólidos urbanos (MSWM – *Municipal Solid Waste Management*). Na década de 1970, os objectivos do modelo MSWM eram limitados, como a optimização de rotas para veículos de recolha de resíduos (Truitt *et al.*, 1969) ou a localização adequada de estações de transferência (Esmaili, 1972; Helms *et al.*, 1974). Na década de 1980, o enfoque foi ampliado, de forma a englobar o MSWM num nível sistemático, minimizando assim os custos do MSWM (Hasit *et al.*, 1981; Jenkins, 1982; Perlack *et al.*, 1985). Na década de 1990, os factores considerados nos modelos MSWM foram principalmente económicos (*e.g.* o custo do sistema e os benefícios do sistema), ambientais (emissões para o ar, poluição da água) e tecnológicos (a maturidade da tecnologia) (Hung *et al.*, 2007).

O reconhecimento de que não há uma única prática cujo uso seja preferencial relativamente a outras, fez com que fosse criado o conceito de gestão integrada de resíduos sólidos (ISWM – *Integrated Solid Waste Management*). Este conceito considera a totalidade da escala dos resíduos a ser geridos, e procura as práticas de

gestão de resíduos disponíveis, que constituem como que um menu de opções, do qual os responsáveis, podem seleccionar a alternativa preferida, com base em considerações ambientais, económicas e sociais específicas do local em estudo.

A reciclagem constitui uma componente de um sistema de gestão integrada de resíduos, e, se for devidamente concebida, pode originar benefícios económicos e sociais, como poupanças a nível do consumo de recursos ou de espaço em aterros, redução da poluição, aumento da eficiência de outros processos, como a compostagem ou a incineração, e a possibilidade de permitir aos cidadãos uma participação activa na melhoria do ambiente (Martinho *et al.*, 2000).

A avaliação de desempenho dos sistemas é uma importante prática de controlo da qualidade dos serviços prestados e de apoio à decisão, permitindo a verificação da consecução de metas e objectivos estratégicos pré-definidos, a verificação do impacte dos investimentos efectuados ou das acções postas em prática, a avaliação das alternativas existentes, bem como a comparação entre diferentes sistemas (Collins *et al.*, 2002). Para além disso, permite ainda a quantificação do diagnóstico ambiental do próprio sistema.

Nesse sentido, o presente trabalho aplicou um Modelo de Avaliação do Desempenho para Sistemas de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos, de que se irá focar a vertente da Avaliação do Desempenho Ambiental.

A avaliação de desempenho ambiental é baseada no cálculo de grupos de indicadores ambientais utilizando a metodologia da Análise do Ciclo de Vida (White *et al.*, 1995). Este grupo de indicadores permite a avaliação do impacte ambiental associado às operações da gestão de resíduos, nomeadamente, no que respeita às alterações climáticas, poluição da água, acidificação atmosférica e toxicidade humana, entre outros, associados às operações de gestão de resíduos (Teixeira *et al.*, 2008).

A utilização deste modelo permite o cálculo de indicadores operacionais e ambientais cujo conhecimento alargado poderia contribuir decisivamente para a melhoria do desempenho dos sistemas (Teixeira *et al.*, 2008).

A partir deste modelo, é possível quantificar os impactes ambientais associados às diferentes opções estratégicas de gestão sustentável dos resíduos dos municípios e das regiões (White *et al.*, 1995; McDougall *et al.*, 2001). Permite ainda a construção de

cenários de implementação de novas políticas e estratégias de gestão de resíduos, quantificando o seu desempenho ambiental.

O Modelo de Avaliação do Desempenho foi aplicado na Nordeste Activo, E.M., mas pode ser facilmente adaptado a outros utilizadores, nomeadamente outros sistemas multimunicipais ou intermunicipais, municípios, empresas municipais, operadores ou entidades, a nível nacional ou até ser utilizado a nível europeu.

1.1. Metodologia

A presente dissertação tem por objectivo aplicar um Modelo de Avaliação do Desempenho para Sistemas de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos, com realce para a vertente da Avaliação do Desempenho Ambiental. O caso de estudo desenvolvido refere-se ao Sistema de Gestão de Resíduos de Nordeste (São Miguel). O Modelo de Avaliação do Desempenho Ambiental utilizado foi o Integrated Solid Waste Management (ISWM) (seguindo o trabalho efectuado por Teixeira *et al.*, 2008).

Para cumprir este objectivo foi necessário recolher toda a informação de base necessária ao funcionamento do Modelo ISWM, incluindo dados relativos à quantidade total de resíduos geridos no concelho de Nordeste, a sua composição (*e.g.* papel, vidro, metal, plástico), o tipo de veículos utilizados na recolha de resíduos sólidos urbanos (indiferenciado e de recolha selectiva), os quilómetros percorridos, o tipo de combustível e ainda a sua eficiência (km/L). Toda esta informação foi recolhida junto da empresa municipal Nordeste Activo, que é responsável pela gestão dos resíduos sólidos a nível concelhio.

Em relação aos resíduos de recolha selectiva, a aplicação do Modelo ISWM exige a subdivisão dos resíduos de embalagens em plásticos e metais. Por fim, os plásticos têm ainda que ser divididos em PETE, HDPE, PVC, LDPE, PP e PS. Como esta informação não existia junto da entidade gestora, foi necessário fazer um ensaio de triagem e quantificação de resíduos plásticos/metais. Para este efeito, foi efectuada uma experiência, durante os primeiros 15 dias do mês de Maio de 2010, com 15 famílias (48 pessoas), que consistiu na triagem de embalagens, com separação dos plásticos nas categorias, PETE, HDPE, PVC, LDPE, PP, PS, e dos metais.

Terminada a recolha de informação, procedeu-se à aplicação do Modelo ISWM. Foram inseridas todas as informações recolhidas, tomando como referência a informação

relativa ao mês de Maio de 2010, e após o processamento dos dados com o Modelo ISWM, este produziu um documento final, designado por Inventário Ambiental – Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (MSW).

O inventário ambiental acima referido segue uma abordagem similar à Análise de Ciclo de Vida (ACV). Neste contexto, a Análise efectuada envolve procedimentos de recolha de dados e de cálculo para a quantificação das entradas e saídas relevantes de um sistema. São compilados os dados mensuráveis referentes aos processos e intervenções ambientais (emissões líquidas, gasosas e sólidas) que irão servir de suporte ao estabelecimento de uma análise de inventário (McDougall *et al.*, 2001).

2. O concelho de Nordeste

2.1. Enquadramento

A ilha de São Miguel, integrada no designado Grupo Oriental da Região Autónoma dos Açores (RAA), distingue-se das demais pela sua dimensão, importância e diversidade. Inclui seis concelhos: Ponta Delgada, Ribeira Grande, Lagoa, Vila Franca do Campo, Povoação e Nordeste (Figura 1).



Figura 1: Enquadramento regional do concelho de Nordeste (Fonte: Revisão do Plano Director Municipal de Nordeste – Junho 2009).

O início da fixação de população no Nordeste remonta ao século XV, no contexto da organização do povoamento da ilha de São Miguel, quando foram fundados os principais centros urbanos, em relação aos quais se encontrava muito distanciado. O principal centro urbano do Concelho foi elevado à categoria de Vila em 1514, mas acabou por nunca vir a competir com as outras cidades e vilas da RAA, para o que muito contribuiu o isolamento.

A melhoria das comunicações acabou com a exclusão de Nordeste do sistema urbano central e permitiu algum desenvolvimento nos últimos anos, atribuindo à Vila uma função de pólo administrativo do extremo oriental de São Miguel.

O Concelho de Nordeste localiza-se no extremo NE de São Miguel, ocupa cerca de 100 km² e tem, nos dias de hoje, cerca de 5 600 habitantes, o que corresponde, respectivamente, a cerca de 14% da superfície total e a 4% da população da ilha de São Miguel (Tabela 1).

Tabela 1: Área, perímetro, extensão máxima e altimetria em Nordeste
(Fonte: Serviço Regional de Estatística dos Açores – Março 2010).

Área	Perímetro	Comprimento máximo		Altitude	
		Norte-Sul	Este-Oeste	Máxima	Mínima
km ²	km		m		
101,5	53	9	15	1 103	0

Do lado poente, o Nordeste é contíguo ao concelho a Ribeira Grande e a sul ao concelho da Povoação. A sua localização geográfica periférica em relação aos principais centros urbanos e o relevo acidentado justificam a difícil acessibilidade, o seu isolamento e a reduzida dinâmica económica que se tem verificado nas últimas décadas.

O concelho foi constituído por 7 freguesias até 2002, quando ocorreu a desanexação da freguesia de Nordestinho em três novas freguesias, estando a divisão administrativa actual organizada em 9 freguesias (Figura 2): Salga, Achadinha, Achada, Santana, Algarvia, Santo António de Nordestinho, S. Pedro de Nordestinho, Lomba da Fazenda e Nordeste.

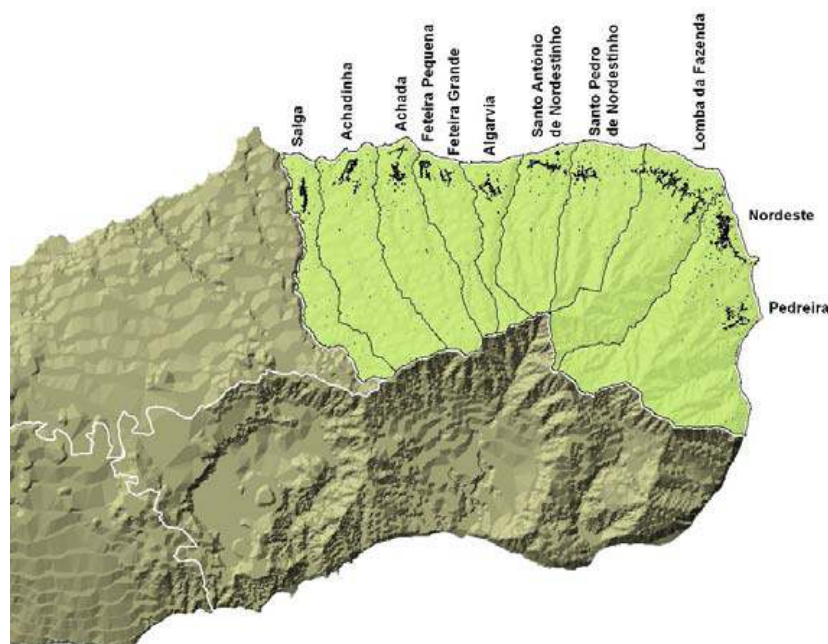


Figura 2: Território municipal de Nordeste – Localidades (Fonte: Revisão do Plano Director Municipal de Nordeste – Junho 2009).

Com um território marcado pelo relevo acidentado e vigoroso, interrompido por um conjunto de cursos de água bem marcados, que quase sempre constituem a divisão entre freguesias, que condicionam a localização dos aglomerados urbanos. O povoamento dispõe-se ao longo da faixa costeira, embora não tenha uma relação directa com o oceano ou com grandes portos marítimos. Os núcleos urbanos são essencialmente rurais, de pequena dimensão e com equipamentos, serviços e comércio de cariz local.

O concelho de Nordeste tem a particularidade de apresentar as suas áreas de povoamento muito concentradas junto à costa, onde a estrutura urbana se desenvolve essencialmente até a cota dos 100/200 metros de altitude, enquanto no restante território o povoamento é caracterizado pela sua descontinuidade em função dos aglomerados nucleares.

2.2. População

Em 2007 residiam no concelho de Nordeste 5 291 indivíduos, os mesmos que em 2001, registando-se dessa forma uma estabilização da taxa de variação da população (0%), tendência que não é acompanhada pela RAA e mesmo pela ilha de São Miguel, ambas com evolução positiva, embora contida, respectivamente iguais a 0,9% e 1,3%.

Os restantes concelhos da ilha de São Miguel apresentam valores díspares: com elevadas variações aparecem os concelhos da Lagoa e da Ribeira Grande, mantendo a tendência da década anterior (1991-2001), enquanto no ponto extremo se encontra o concelho de Ponta Delgada, que após uma década de crescimento acentuado, regista nos últimos seis anos uma regressão demográfica de -2,4%.

Alargando esta análise até à década de 1960, conclui-se que nas décadas de 60, 70 e 80 do século XX a regressão do efectivo populacional em todas as unidades geográficas da RAA foi acentuada, com todos os concelhos a perderem população (se exceptuarmos o caso da Lagoa, que entre 81 e 91 registou um crescimento ligeiro). No caso do concelho de Nordeste esta situação estende-se pela década de 90, registando entre os anos de 1950 e 2001 a perda de mais de metade da sua população residente (Tabela 2).

Tabela 2: Evolução da população residente ao nível regional e concelhio (Fonte: Serviço Regional de Estatística dos Açores – Março 2010).

Unidade Geográfica	1960		1970		1981		1991		2001		2007	
	Pop. Resid.	Var. 50-60	Pop. Resid.	Var. 60-70	Pop. Resid.	Var. 70-81	Pop. Resid.	Var. 81-91	Pop. Resid.	Var. 91-01	Pop. Resid.	Var. 01-07
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
R. A. Açores	327 446	2,8	289 096	-11,7	243 410	-15,8	237 795	-2,3	241 763	1,7	244 006	0,9
São Miguel	168 687	2,1	151 454	-10,2	131 908	-12,9	125 915	-4,5	131 609	4,5	133 281	1,3
Lagoa	13 944	2,2	13 426	-3,7	12 849	-4,3	12 900	0,4	14 126	9,5	15 367	8,8
Nordeste	11 180	-3,2	8 964	-19,8	6 803	-24,1	5 490	-19,3	5 291	-3,6	5 291	0,0
Ponta Delgada	74 306	2,1	69 934	-5,9	63 804	-8,8	61 989	-2,8	65 854	6,2	64 246	-2,4
Povoação	15 064	-2,8	11 658	-22,6	8 458	-27,4	7 323	-13,4	6 726	-8,2	6 795	1,0
Ribeira Grande	39 597	5,5	33 464	-15,5	28 128	-15,9	27 163	-3,4	28 462	4,8	30 447	7,0
V. F. Campo	14 596	2,8	14 008	-4,0	11 866	-15,3	11 050	-6,9	11 150	0,9	11 135	-0,1

Esta situação de perda da população residente foi invertida a partir dessa data (2001), sendo que existe uma evolução demográfica positiva (de 2%) no Concelho de Nordeste desde o ano de 2002 até 2008 (Tabela 3).

Tabela 3: Estimativas da população residente e do parque habitacional em Nordeste (Fonte: Serviço Regional de Estatística dos Açores – Março 2010).

Ano	População Residente	Alojamentos
	HM	
2001	5 291	2 479
2002	5 214	2 494
2003	5 217	2 516
2004	5 254	2 536
2005	5 268	2 559
2006	5 276	2 579
2007	5 291	2 609
2008	5 307	2 661

Um estudo efectuado pela equipa técnica da empresa Quaternaire Portugal, no âmbito da elaboração da proposta de revisão do Plano Director Municipal de Nordeste, em Junho de 2009, estima que a população deste concelho decresça cerca de 30% até 2020, para um efectivo populacional de 3 684 indivíduos (quase metade dos registado no ano de 1981) (Tabela 4). Ou seja, a tendência de inversão da forte perda populacional no Concelho de Nordeste, que assistimos na década de 90, não só se irá registar (visto que entre 2001 e 2011 se prevê um declínio populacional de cerca de 13%), como se tenderá a agravar até 2020.

Tabela 4: Projecção demográfica para a ilha de São Miguel e concelho de Nordeste e variação populacional (Fonte: Revisão do Plano Director Municipal de Nordeste – Junho 2009).

Unidade geográfica	População Residente (n°)					Variação (%)			
	1981	1991	2001	2011	2020	1981/ 1991	1991/ 2001	2001/ 2011	2011/ 2020
São Miguel	130 803	128 076	130 510	133 887	133 777	-2,08	1,90	2,59	-0,08
Nordeste	6 803	5 490	5 291	4 584	3 864	-19,3	-3,6	-13,4	-15,7

Quanto ao nível de qualificação da população residente no concelho de Nordeste verifica-se que 23,4% dos residentes do concelho de Nordeste não sabe ler nem escrever, valor ligeiramente superior à média da ilha (22,7%). Este fenómeno tem maior incidência nas freguesias de Salga, Santana, Achadinha e Achada, todas elas com taxas de analfabetismo superiores a 25%, como é possível verificar na Tabela 5. Em oposição, as freguesias de Santo António Nordestinho, de Nordeste e de Lomba da Fazenda são as que apresentam taxas de analfabetismo inferiores à média da ilha, destacando-se a primeira, com uma taxa a rondar os 17%.

Tabela 5: População residente segundo o seu nível de qualificação em 2001, por freguesia (Fonte: Serviço Regional de Estatística dos Açores – Março 2010).

Freguesia	Taxa de analfabetismo (%)	Pop. resid. frequentar ou com o 1º ciclo completo	Pop. resid. frequentar ou com o 2º ciclo completo	Pop. resid. frequentar ou com o 3º ciclo completo	Pop. resid. frequentar ou com o secundário completo	Pop. resid. frequentar ou com curso médio ou superior completo
Ilha de São Miguel	22,7	45 366	27 834	21 199	14 296	9 587
Concelho de Nordeste	23,4	1 768	1 182	773	386	217
Achada	26,4	98	47	58	23	12
Achadinha	26,5	189	146	76	34	6
Algarvia	24,8	130	103	36	15	4
Lomba da Fazenda	21,9	285	180	136	93	60
Nordeste	20,6	435	328	249	112	94
Salga	28,1	226	130	55	25	9
Santana	26,7	158	101	57	38	10
São Pedro Nordestinho	23,2	112	87	41	14	7
Santo António Nordestinho	16,8	135	60	65	32	15

2.3. Climatologia

De acordo com Forjaz (2004), a precipitação média mensal no mês de Fevereiro, nas zonas costeiras habitacionais do Concelho de Nordeste, varia entre 100 e 150 mm. Os mesmos dados, mas para o mês de Agosto, dão uma precipitação menor que 50 mm. Já os dados para a precipitação média anual indicam um valor entre 1 000 e 1 200 mm.

Relativamente à temperatura, e novamente, nas zonas costeiras habitacionais do Concelho de Nordeste, Forjaz (2004) identifica valores entre 11 °C e 12 °C como sendo a temperatura média mensal em Fevereiro. Já a temperatura média de Agosto é de 20 °C a 21 °C. Para a temperatura média anual, os valores situam-se entre 16 °C e 17 °C.

2.4. Recursos hídricos

Os recursos hídricos de superfície no Concelho de Nordeste enquadram-se em 36 bacias hidrográficas, sendo de destacar, pela sua dimensão e importância, as bacias de ribeira de Moinhos (que percorre a Vila de Nordeste) e da ribeira dos Caldeirões (que se localiza na freguesia de Achadinha). De notar que não existem águas superficiais lânticas, subsistindo apenas as de carácter lótico.

A maioria dos cursos de água de superfície do Concelho, como no resto do arquipélago, apresenta um regime temporário, variável e torrencial, com valores de caudal relativamente elevados durante o Inverno e quase nulos durante o Verão, de acordo com os padrões sazonais de precipitação. (DROTRH-INAG, 2001).

Para além do regime de caudais, o uso consumptivo destes recursos é dificultado devido à singularidade geomorfológica e hidrológica dos ambientes vulcânicos, a obstáculos naturais de acesso, como a ocorrência de leitos de ribeiras de grande encaixe e acentuadas depressões e elevações geológicas, pelo que apenas apresentam algum potencial de utilização do ponto de vista turístico (para actividades de contemplação, recreio, desporto ou lazer).

Já em relação às águas subterrâneas, e como o Concelho de Nordeste não é excepção, estas assumem particular importância na medida em que a totalidade do abastecimento público de água provém de origens deste tipo (Tabela 6).

Tabela 6: Abastecimento de água em Nordeste (Fonte: Serviço Regional de Estatística dos Açores – Março 2010).

Ano	Caudal captado (10 ³ m ³)		
	Total	Origem	
		Superficial	Subterrânea
2001	2 628	-	2 628
2002	2 759	-	2 759
2003	2 869	-	2 869
2004	2 935	-	2 935
2005	2 700	-	2 700

Os sistemas aquíferos existentes no concelho de Nordeste (Figura 3) são:

- Sistema aquífero de Nordeste – Faial da Terra – de entre os 166,41 km² de todo o sistema, 99 km² correspondem à área aflorante no concelho de Nordeste;
- Sistema aquífero de Furnas – Povoação, com 0,64 km² de área aflorante no concelho.

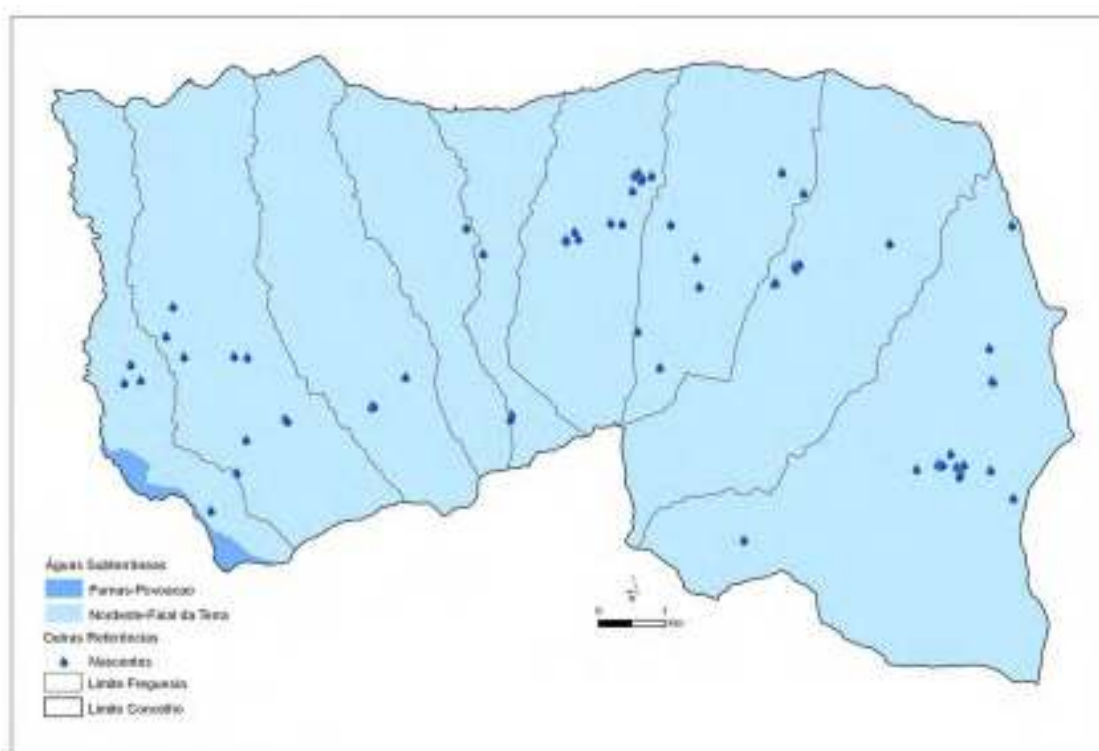


Figura 3: Sistemas Aquíferos e nascentes existentes no concelho de Nordeste (Fonte: Revisão do Plano Director Municipal de Nordeste – Junho 2009).

2.5. Sistemas de abastecimento de água

O sistema público de abastecimento de água do concelho de Nordeste é constituído por 11 sistemas e, por cerca de 52 captações subterrâneas (nascentes), sendo que sete delas são captações de recurso, abastecendo 12 aglomerados populacionais nas 9 freguesias do Concelho (Tabela 7).

Relativamente às captações existentes, está em curso a delimitação dos perímetros de protecção às captações subterrâneas destinadas a consumo humano, de acordo com os requisitos de elegibilidade preconizados pelo Decreto-Lei n.º 382/99, de 22 de Setembro, com a finalidade de proteger a qualidade da água captada para consumo humano.

Tabela 7: Caracterização das captações de água do sistema público do concelho de Nordeste (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2009).

Freguesia	Captações (n.º)	Caudal captado (m³.dia⁻¹)	População servida (hab.)	Taxa de cobertura (%)
Achada	1	250	503	100
Achadinha	3	386	561	100
Algarvia	3	180	344	100
Lomba da Fazenda	8	177	885	100
Nordeste	19	804	1 383	100
São Pedro Nordestinho	1	45	965	100
Santo António Nordestinho	11	226		
Salga	5	234	550	100
Santana	1	144	449	100
Concelho de Nordeste	52	2 438	5 640	100

Adicionalmente, o sistema de abastecimento de água apresenta um conjunto de infra-estruturas de adução, armazenamento e tratamento, em 11 redes de distribuição independentes, que viabilizam o fornecimento de água às populações com parâmetros de qualidade aceitáveis segundo os normativos legais (Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de Agosto) (Figura 4).

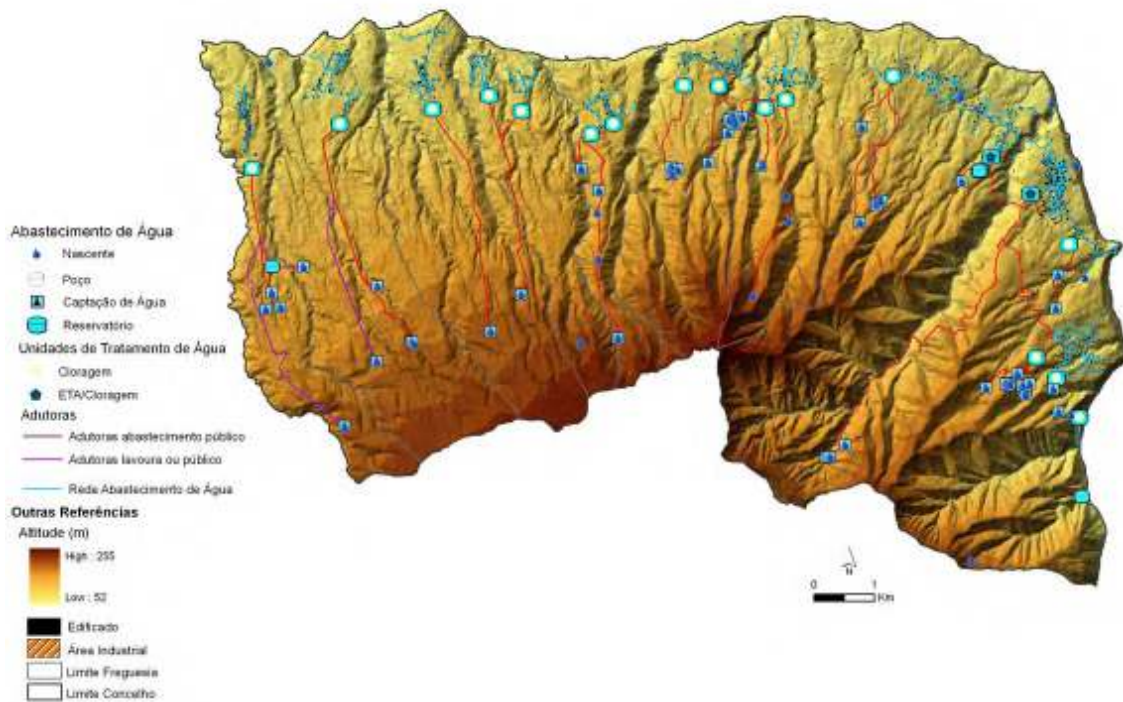


Figura 4: Sistemas de abastecimento de água, respectivas infra-estruturas e agentes de pressão no consumo de água no concelho de Nordeste (Fonte: Revisão do Plano Director Municipal de Nordeste – Junho 2009).

De todo o sistema de abastecimento de água podem destacar-se as infra-estruturas referidas na Tabela 8. O sistema é constituído por cerca de 75 adutoras em serviço e 19 reservatórios com capacidade para armazenar aproximadamente 1563 m³ de água.

Tabela 8: Caracterização das principais infra-estruturas do sistema de abastecimento público do concelho de Nordeste por sistema (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2009).

Sistema	Adutoras		Reservatórios		Estações de tratamento		
	N.º	Comprimento (m)	N.º	Volume (m³)	N.º	Tipo	Caudal tratado (m³.dia ⁻¹)
Achada	2	4 029	1	120	1	Cloragem	250
Achadinha	6	4 719	1	140	1	Cloragem	386
Algarvia	7	5 581	2	170	2	Cloragem	180
Lomba da Fazenda/Vila de Nordeste	35	18 234	6	725	7	Cloragem Remoção de sólidos	981
Santo António/ São Pedro Nordestinho	15	6 935	5	208	5	Cloragem	271
Salga	5	2 911	1	140	1	Cloragem	234
Santana	5	4 608	2	60	2	Cloragem	144
Total	75	47 017	19	1 563	19		2 438

2.6. Sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais

Os sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais existentes são constituídos por 11 redes de drenagem, 12 fossas sépticas colectivas e 29 pontos de rejeição (Figura 5). Segundo dados de 2009 (Nordeste Activo, E.M.), cerca de 61% da população encontra-se servida por sistemas de drenagem de águas residuais, atingindo-se mesmo os 95% nas freguesias de maior dimensão, nomeadamente, Nordeste, Lomba da Fazenda, bem como em São Pedro Nordestinho. Nas restantes freguesias, a taxa de atendimento em drenagem de águas residuais ronda apenas os 30%.

A rede de drenagem de águas residuais existente é utilizada para recolher apenas águas residuais urbanas e apresenta, ao longo da rede, caixas dispostas em cascata para retenção e separação dos sólidos existentes nos efluentes, seguindo depois até atingir os sumidouros. No que concerne às águas residuais das retretes são todas encaminhadas para fossas sépticas individuais e privadas.

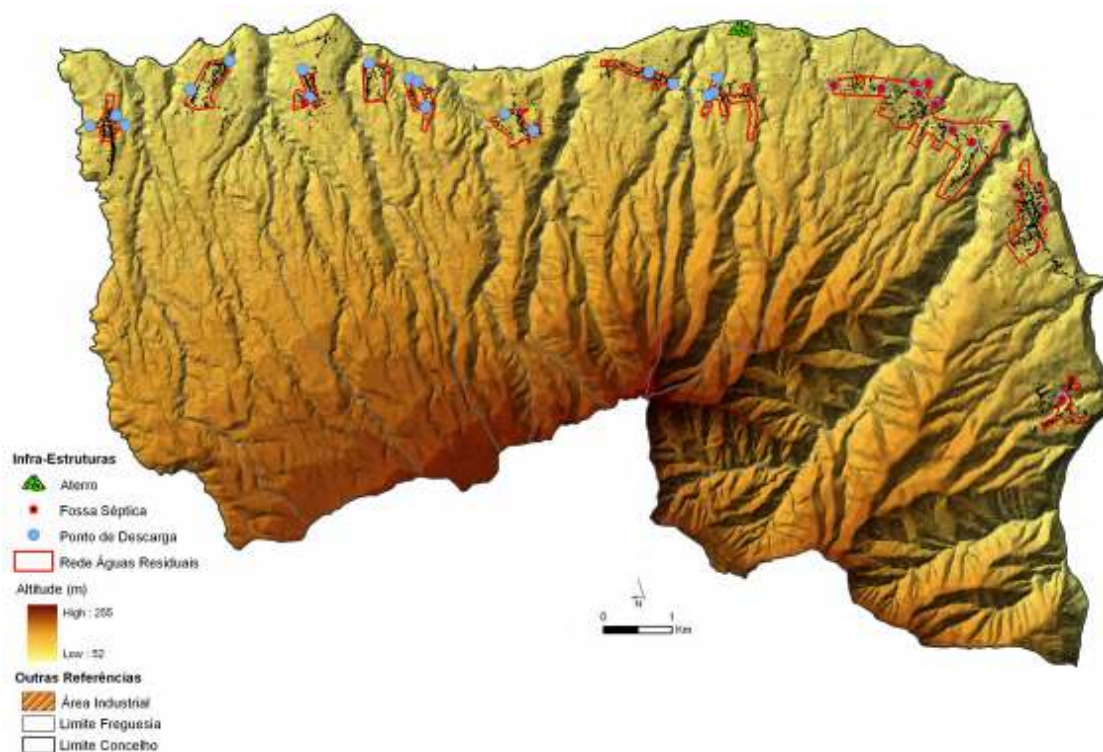


Figura 5: Sistemas de saneamento de águas residuais e infra-estruturas de tratamento de águas residuais e resíduos no concelho de Nordeste (Fonte: Revisão do Plano Director Municipal de Nordeste – Junho 2009).

Relativamente à taxa de cobertura dos sistemas de tratamento de águas residuais, esta é praticamente nula, existindo apenas 2 076 residentes (39%) que dispõem de caixas de remoção de sólidos (Tabela 9). Da restante população não existem registos de qualquer tipo de equipamento de tratamento das águas residuais, nem se prevê a curto prazo a sua implementação. Para além disso, as cargas poluentes drenadas e rejeitadas não são monitorizadas, pelo que se desconhece o nível de poluição emitido para o solo ou meio hídrico.

Relativamente à descarga de águas residuais de origem industrial, esta não é significativa, uma vez que esta actividade apresenta pouca relevância no Concelho (Nordeste Activo, E.M., 2009).

Tabela 9: Consumo de água abastecida pela rede pública, drenagem e tratamento de águas residuais em Nordeste (Fonte: Serviço Regional de Estatística dos Açores – Março 2010).

Unidade: milhares de m³

Ano	Consumo de água				Drenagem de caudais efluentes produzidos			Águas residuais tratadas	
	Total	Tipo de uso			Total	Origem			
		Doméstico	Comercial e serviços	Industrial		Outros	Doméstico e serviços		Outros
2001	357	310		31	16	257	257	-	-
2002	359	309		33	17	287	287	-	-
2003	349	307		30	12	279	279	-	-
2004	335	297		27	11	268	268	-	-
2005	314	280		26	8	-	-	-	-
2006	316	316	-	-	-	173	173	-	93

3. Resíduos

3.1. Conceito e base jurídica

A nível comunitário, a Directiva do Conselho, de 15 de Julho de 1975 (75/442/CEE), apresenta a seguinte definição de resíduo:

Artigo 1.º Para efeitos do disposto na presente directiva, entende-se por resíduo: qualquer substância ou objecto de que o detentor se desfaz, ou tem a obrigação de se desfazer, por força das disposições nacionais em vigor.

Esta Directiva foi posteriormente modificada, sendo substituída pela Directiva 91/156/CEE, de 18 de Março de 1991. Atendendo à necessidade de tornar mais eficaz a gestão de resíduos na Comunidade, foi proposta uma nova definição de resíduos:

Resíduo – Toda a substância ou todo o objecto, que se pode incluir nas categorias que figuram no Anexo I, do qual o respectivo detentor se desfaz ou do qual tem a intenção ou obrigação de se desfazer.

A comissão, agindo de acordo com o procedimento previsto no artigo 18º, elaborará, o mais tardar até 1 de Abril de 1993, uma lista dos resíduos pertencentes às categorias enumeradas do Anexo I. Esta lista será objecto de um reexame periódico e, se necessário, será revista, segundo o mesmo procedimento.

Já em Portugal, o primeiro documento legislativo publicado sobre este tema, após a adesão à União Europeia (EU), em 1986, foi o Decreto-Lei n.º 310/95, de 20 de Novembro, que transpôs a Directiva 75/442/CEE, quando deveria ter transposto a Directiva 91/156/CEE, que entretanto a modificara. Contudo, Portugal, tal como a Espanha e a Grécia, transpuseram a primeira daquelas Directivas, já ultrapassada, não tendo referido no texto o Código Europeu de Resíduos (CER), que fora entretanto também publicado.

O Decreto-Lei n.º 488/85, de 25 de Novembro, promulgou no nosso país, pela primeira vez, normas referentes aos resíduos sólidos, de forma independente da legislação europeia. Este, embora abrangente, não inclui uma definição para o objecto a tratar – os Resíduos Sólidos Urbanos. Considera fundamental o conhecimento quantitativo e qualitativo (composição) dos resíduos produzidos, qual o seu destino final e quais os responsáveis pela gestão, atribuindo competências a organismos públicos, nesta matéria. O seu Artigo 2º apresenta uma definição para o conceito de “Resíduos”, a qual engloba, apenas, excedentes do consumo de matérias-primas, o uso e descarte de produtos.

Artigo 2.º Para efeitos do presente diploma, entende-se por:

***Resíduos** – conjunto de materiais, podendo compreender o que resta de matérias-primas, após a sua utilização, e que não possa ser considerado nem subprodutos, ou outros produtos, de que o seu possuidor sentido pretenda, ou tenha necessidade, de se desembaraçar;*

***Subprodutos** – produtos obtidos de matérias-primas cuja obtenção não foi a razão determinante da utilização daquelas matérias-primas;*

***Resíduos tóxicos ou perigosos** – os resíduos contendo alguma ou algumas substâncias ou produtos que figuram na lista anexa ao presente diploma ou por elas contaminados, em concentrações que representem um risco para a saúde humana ou para o ambiente;*

***Detritos** – os resíduos não utilizáveis em função da tecnologia disponível;*

***Desperdícios** – os resíduos não utilizáveis, embora utilizáveis em função da tecnologia disponível.*

O Decreto-Lei n.º 310/95, de 20 de Novembro, veio revogar o Decreto-Lei n.º 488/85, e estabelecer as regras a que ficaria sujeita a gestão de resíduos. Este Decreto-Lei transpôs, para direito interno, Directivas nº 91/156/CEE e 91/689/CEE, respectivamente de, 18 de Março e de 12 de Dezembro.

Foi assim introduzido na legislação nacional uma distinção entre Resíduos, na generalidade, e Resíduos Urbanos. Estes seriam todos os resíduos produzidos domesticamente, de estabelecimentos comerciais, do sector de serviços e outros

resíduos com natureza ou composição semelhante aos domésticos e ainda os resíduos de um único estabelecimento comercial, industrial, escritório ou similar de composição e natureza idênticas aos domésticos cuja produção diária não excedesse 2 000 litros. É um diploma que estabelece três critérios para definir os Resíduos Urbanos, nomeadamente quanto à sua origem, composição e quantidade mínima de produção diária.

No entanto, o aumento na produção de resíduos conduz a uma evolução na sua própria terminologia e definição. Até 1997, não existia nenhuma regulamentação que definisse que tipos de resíduos existem. A Lei-Quadro dos Resíduos (Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de Setembro), procedeu, face a seu objecto, à redefinição do conceito de “Resíduo” considerando ser importante classificá-lo de acordo com sua origem, natureza, quantidade produzida diariamente e propriedades. Nesta regulamentação estes são classificados em cinco categorias: perigosos, industriais, urbanos, hospitalares e outros tipos.

Como resultado da transposição da Directiva Aterros (1999/31/CE de 26 de Abril) para a ordem jurídica interna, surge em 2002, o Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio, onde a definição de resíduos é idêntica à expressa na Lei-Quadro dos Resíduos. No entanto, a classificação destes apresenta algumas variações. No caso concreto dos Resíduos Urbanos (RU) estes são “os resíduos provenientes das habitações bem como outros resíduos, que pela sua natureza ou composição, sejam semelhantes aos resíduos provenientes das habitações”, independentemente das quantidades produzidas. No que diz respeito às restantes categorias, os resíduos são classificados, não tanto pela origem, mas preferencialmente em função da sua composição e propriedades: perigosos, não perigosos, inertes, biodegradáveis e líquidos.

3.2. Princípios de gestão de resíduos

O Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro, é actualmente um dos documentos nacionais mais importantes sobre resíduos, na medida que estabelece o regime geral de gestão de resíduos, orientando-se segundo sete princípios gerais:

- Princípio da Auto-suficiência (capítulo II, artigo n.º 4) – defende que as operações de gestão de resíduos deve ocorrer sempre que possível em Portugal, evitando o recurso a outros países;

- Princípio da Responsabilidade pela Gestão (capítulo II, artigo n.º 5) – estabelece que a gestão dos resíduos deve ficar a cargo do produtor (ou do detentor caso não se consiga determinar o produtor). No caso dos RSU, a gestão é assegurada pelos municípios;
- Princípio da Prevenção e Redução (capítulo II, artigo n.º 6) – estabelece como prioritária a redução da produção de resíduos, procurando minimizar os seus efeitos negativos quer para o homem, quer para o ambiente circundante (água, ar, solo e todos os seres vivos);
- Princípio da Hierarquia das Operações de Gestão de Resíduos (capítulo II, artigo n.º 7) – estabelece que a eliminação dos resíduos (deposição em aterro), só deve acontecer em último recurso, quando não for possível a prevenção, reutilização, reciclagem ou outro meio de valorização;
- Princípio da Responsabilidade do Cidadão (capítulo II, artigo n.º 8) – defende que o cidadão deve adoptar uma postura activa na prevenção da produção de resíduos, bem como optar por práticas que ajudem na reutilização e valorização dos mesmos;
- Princípio da Regulação da Gestão de Resíduos (capítulo II, artigo n.º 9) – proíbe o abandono de resíduos em locais não regulamentados para o efeito;
- Princípio da Equivalência (capítulo II, artigo n.º 10) – permite estabelecer o equilíbrio entre os custos que o produtor de resíduos constitui para a população e os benefícios que esta lhe faculta.

A nível nacional, entre a diversa legislação existente, a Portaria n.º 187/2007 de 12 de Fevereiro, vem estabelecer o Plano Estratégico para Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II), que veio substituir o PERSU aprovado a 13 de Novembro de 1997.

3.2.1. A política dos 3 R

A política dos 3 R – Reduzir, Reutilizar e Reciclar, visa travar o crescimento das quantidades de RSU assim como conduzi-los a um destino apropriado de acordo com as suas características.

- Reduzir – Minimizar a quantidade de resíduos produzidos, através da prevenção da sua produção.

Os consumidores devem contribuir para a redução do peso e do volume dos resíduos. Devem evitar consumos supérfluos e desperdícios, rejeitar excessos de embalagens e exprimir a sua opinião junto das autoridades, das indústrias e dos comerciantes para agirem em conformidade com os mesmos objectivos.

As indústrias têm um papel importante na redução. Através do design, da utilização de novos materiais e da adopção de novos processos e tecnologias menos poluentes, é possível fabricar embalagens com menor peso, com menor dispêndio de energia e de recursos naturais, sem perder a resistência e a aptidão para conservar os produtos. Também a utilização de produtos concentrados permite um menor consumo de materiais de embalagem.

- Reutilizar – Dar uma nova utilização a materiais já usados.

Há materiais que são concebidos para serem utilizados várias vezes, em vez de serem deitados fora depois da primeira utilização. A opção por materiais reutilizáveis diminui a curto prazo a quantidade dos resíduos domésticos que têm que ser eliminados, visto que só após um certo número de utilizações, estes são considerados resíduos.

Alguns produtos têm embalagens reutilizáveis. Outros são vendidos sob a forma de recargas que permitem usar a mesma embalagem várias vezes.

- Reciclar – É uma forma de valorizar um material que já foi utilizado, transformando-o em material útil.

Com a reciclagem diminui-se a quantidade de resíduos, poupando recursos naturais e energéticos. Para uma boa reciclagem, a remoção selectiva é um passo indispensável.

Os resíduos orgânicos, que constituem entre 40% a 50% dos RSU, podem ser transformados em composto, um correctivo orgânico útil para a agricultura e jardinagem. Os papéis e cartões podem ser aproveitados para produzir novos papéis. Os resíduos metálicos podem ser recuperados para fundição e fabrico de novas peças. As embalagens de vidro podem dar origem a novas embalagens. Os

plásticos podem ser recuperados e alguns, inclusivamente, fundidos e moldados de novo.

3.3. Resíduos Sólidos

3.3.1. Conceito e tipologia

Define-se genericamente o termo resíduos sólidos como o conjunto de matérias com consistência predominantemente sólida, de que o possuidor pretenda ou tenha necessidade de se desfazer, podendo englobar o que resta de matérias-primas após a sua utilização e que não possa ser considerado sub-produto ou produto (Levy *et al.*, 2006).

Para a concepção, desenvolvimento e exploração de qualquer sistema de gestão de resíduos, que inclui as operações de deposição, recolha, transporte, tratamento e destino final, há que conhecer a natureza dos resíduos em causa (Tabela 10). A caracterização dos resíduos constitui um importante instrumento de base para a sua gestão, devendo ser, em cada caso, adaptada e ajustada aos objectivos gerais e específicos a que se pretende dar resposta.

A classificação dos resíduos sólidos é feita de acordo com a sua proveniência, sendo comum adoptar-se o seguinte esquema (Figura 6):

- a) Resíduos sólidos urbanos** – os resíduos domésticos ou outros resíduos semelhantes, em razão da sua natureza ou composição, nomeadamente os provenientes do sector de serviços ou de estabelecimentos comerciais ou industriais e de unidades prestadoras de cuidados de saúde, desde que, em qualquer dos casos, a produção diária não exceda 1 100 litros por produtor:
- Domésticos – os que são produzidos nas habitações ou os que a eles se assemelham;
 - Comerciais – os produzidos em estabelecimentos comerciais, escritórios e similares;
 - Públicos – provenientes da limpeza pública;
 - Industriais – produzidos em indústrias integradas nas comunidades;
 - Especiais – os restantes resíduos de fluxos específicos.

- b) Resíduos industriais – os resíduos gerados em actividades industriais, bem como os que resultem das actividades de produção e distribuição de electricidade, gás e água.
- c) Resíduos hospitalares – os resíduos produzidos em unidades de prestação de cuidados de saúde, incluindo as actividades médicas de diagnóstico, prevenção e tratamento da doença, em seres humanos ou em animais, e ainda as actividades de investigação relacionadas.
- d) Resíduos agrícolas e/ou pecuários (e.g. chorume) – os exclusivamente produzidos em estabelecimentos e actividades agrícolas.
- e) Resíduos de fluxos especiais – os resíduos não considerados como industriais, urbanos ou hospitalares.

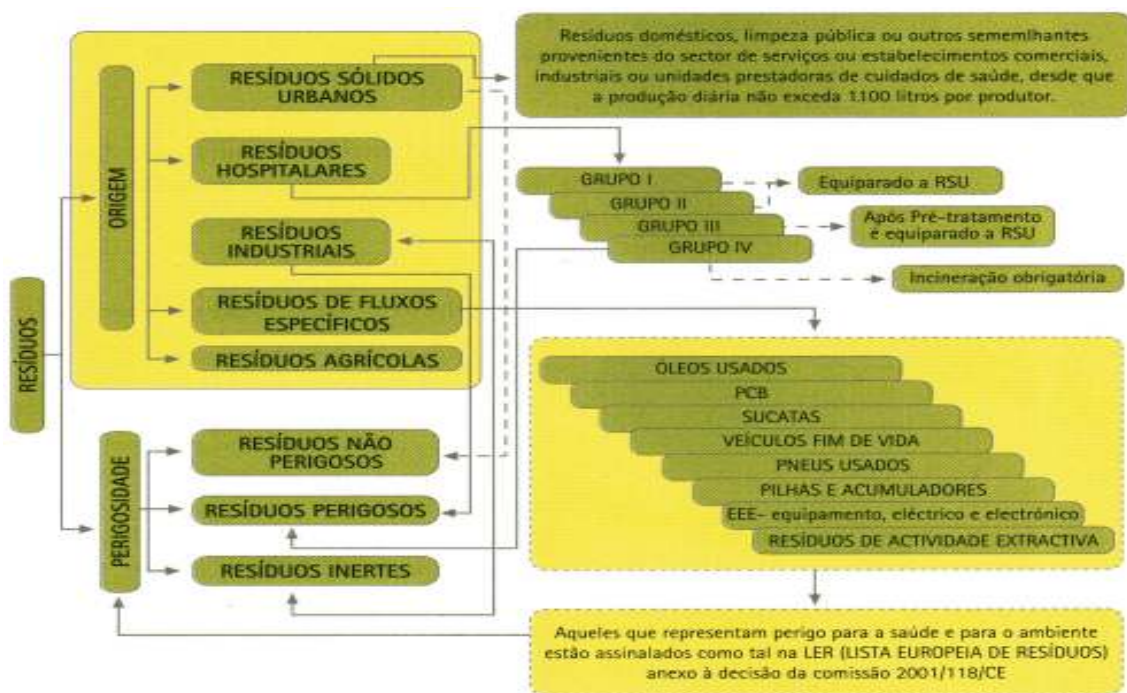


Figura 6: Classificação dos Resíduos Sólidos (Fonte: Levy *et al.*, 2006).

Tabela 10: Parâmetros relevantes para as operações de remoção e valorização de resíduos (Fonte Levy *et al.*, 2006).

Operação	Parâmetros relevantes
Remoção Indiferenciada	Dados quantitativos; Peso específico; Humidade Composição física;
Remoção Selectiva	Dados quantitativos; Composição física: Percentagem dos diferentes materiais-alvo; Percentagem de embalagens; Peso específico; Humidade
Valorização Orgânica	Dados quantitativos; Composição física: Percentagem de materiais biodegradáveis Composição química: Humidade; Carbono; Azoto; Metais pesados; Sólidos voláteis
Valorização Energética	Dados quantitativos; Composição física: Percentagem combustíveis; Percentagem inertes; Composição química: Humidade; Poder calorífico; Metais pesados.

3.3.2. Composição

A composição média dos RSU nacionais era, em 1993, de acordo com os dados do PERSU, a constante da Tabela 11:

Tabela 11: Composição física média dos RSU – 1993 (Fonte: PERSU).

Material	%
Papel/cartão	22,3
Vidro	4,9
Plástico	12,7
Metais	2,9
Materiais fermentáveis	36,0
Têxteis	3,7
Finos	12,9
Outros	4,6

Já nos Açores, a composição média dos RSU era, em 2004, de acordo com os dados do PEGRA, a constante da Tabela 12:

Tabela 12: Composição física média (% em peso) dos RSU, em 2004 (Fonte: PEGRA, 2007).

Material	%
Não embalagem + finos + têxteis + outros	15
Metais não ferrosos embalagem	1
Metais ferrosos embalagem	2,1
Vidro embalagem	9,1
Plásticos embalagem	16,6
Papel alvo embalagem	6,3
Papel alvo não embalagem	11,3
Resíduos putrescíveis	38,6

3.3.3. Produção e destino

A produção de RSU em Portugal apresenta uma tendência crescente, tendo atingido em 2005, cerca de 4,7 milhões de toneladas, correspondentes a uma capitação diária de 1,3 kg/habitante-dia (Figura 7).

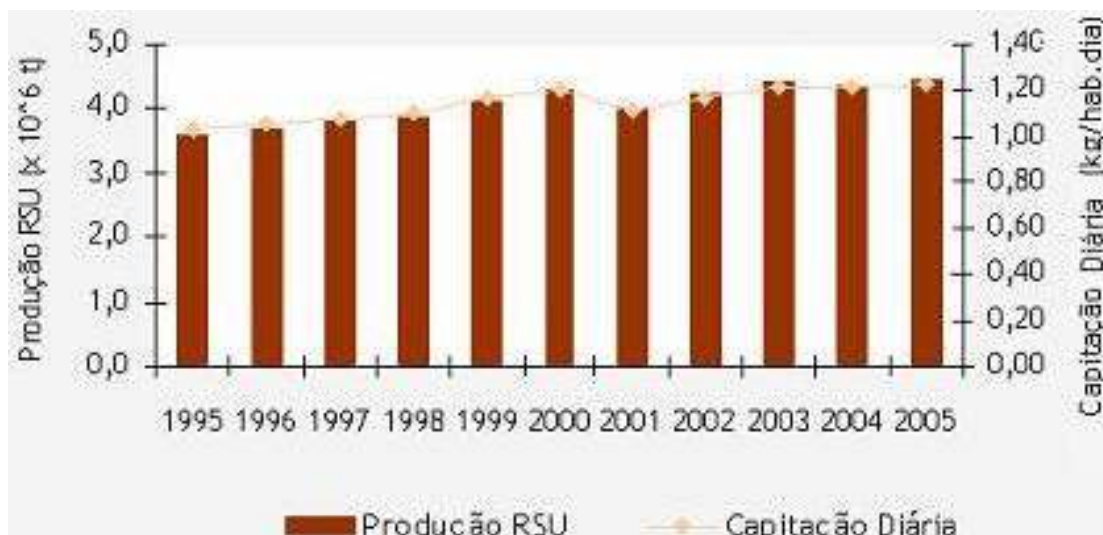


Figura 7: Evolução da produção de RSU e da capitação diária em Portugal Continental (1995 – 2005) (Fonte: PERSU).

Já nos Açores, a produção de RSU atingiu em 2004, cerca de 130 mil toneladas, correspondentes a uma capitação diária de 1,46 kg/habitante-dia (Tabela 13).

Tabela 13: Estimativas populacional e de capitação e produção de RSU em 2004 (Fonte: PEGRA, 2007).

Unidade Territorial	População (hab)	Capitação de RSU Kg/(hab-dia)	Produção de RSU (t)	Distribuição (%)
São Miguel	133 394	1,29	62 754	48,4
Região Autónoma dos Açores	243 063	1,46	129 636	

As Tabelas 14 e 15 permitem acompanhar a evolução, no período de 1999 até 2005, da produção e destino final de RSU no Continente e no arquipélago dos Açores. As alterações registadas são consistentes com o aumento da eficiência na recolha daquele tipo de resíduos e com o correcto destino final dos mesmos.

Tabela 14: Destino dos RSU produzidos em Portugal continental (^a Inclui lixeiras (1999-2002) e vazadouros controlados (2003-2005); ^b A recolha selectiva multimaterial, com vista à reciclagem, inclui as embalagens, papel/cartão, vidro e pilhas nos ecopontos, porta-a-porta e ecocentros.) (Fonte: Oliveira *et al.*, 2009).

Ano	Aterro (t)	Outros ^a (t)	Incineração (t)	Compostagem (t)	Rec. Selectiva ^b + Ecocentros (t)	Total (t)
1999	2 595 152	922 994	349 085	106 828	178 531	4 152 590
2000	2 447 296	521 154	929 635	136 749	260 080	4 294 914
2001	2 568 609	430 157	898 148	161 913	187 532	4 246 358
2002	3 139 028	0	917 723	105 103	199 546	4 358 400
2003	3 031 535	0	891 905	286 234	211 505	4 421 179
2004	2 909 890	0	876 753	304 773	302 456	4 393 872
2005	3 081 507	0	937 102	311 301	384 943	4 712 458

Tabela 15: Destino dos RSU produzidos no arquipélago dos Açores (^a Inclui lixeiras (1999-2002) e vazadouros controlados (2003-2005); ^b A recolha selectiva multimaterial, com vista à reciclagem, inclui as embalagens, papel/cartão, vidro e pilhas nos ecopontos, porta-a-porta e ecocentros.) (Fonte: Oliveira *et al.*, 2009).

Ano	Aterro (t)	Outros ^a (t)	Incineração (t)	Compostagem (t)	Rec. Selectiva ^b + Ecocentros (t)	Total (t)
1999	33 300	65 911	0	0	3 339	102 550
2000	38 076	66 953	0	0	2 458	107 487
2001	63 365	44 033	0	0	2 603	110 001
2002	81 499	27 766	0	0	5 020	114 285
2003	94 482	25 896	0	0	10 757	131 135
2004	99 080	16 883	0	0	15 232	131 195
2005	97 875	13 445	0	0	21 015	132 335

3.3.4. Gestão de Sistema Integrado de Resíduos Sólidos

Por gestão de Sistema Integrado de Resíduos Sólidos, entende-se o conjunto das operações de acondicionamento e transporte dos resíduos, bem como as soluções de tratamento, valorização e/ou destino final construídas (com integração das diferentes

tecnologias disponíveis) que, dentro de um modelo institucional ou particular de gestão, responde aos objectivos gerais e sectoriais dos interesses de uma região e das prioridades da política nacional e comunitária nesta matéria (Figura 8) (Levy *et al.*, 2006).

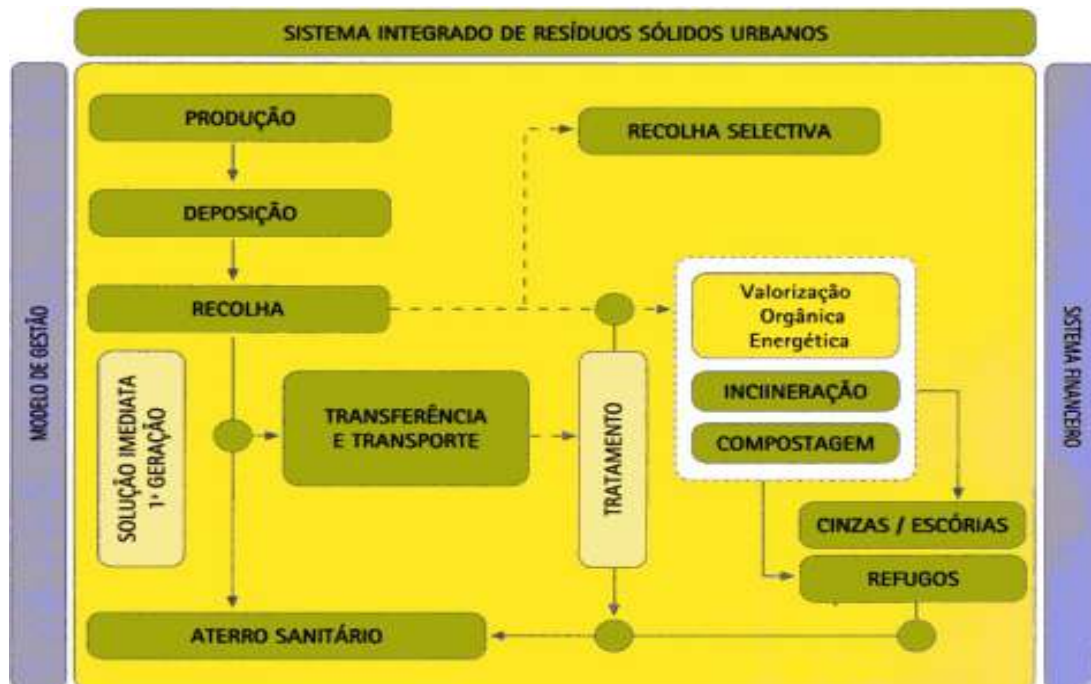


Figura 8: Gestão de Sistema Integrado de Resíduos Sólidos (Fonte: Levy *et al.*, 2006).

A gestão de um Sistema Integrado de Resíduos Sólidos tem como objectivos gerais:

- A adequada recolha, transporte, tratamento, valorização e, destino final dos resíduos sólidos produzidos, de modo a garantir a qualidade ambiental e de vida das populações;
- Propiciar as condições que permitam ao sistema de resíduos sólidos acompanhar e responder ao desenvolvimento económico e social da região;
- A valorização de recursos associada aos resíduos sólidos;
- Desenvolver um quadro da maior e melhor eficiência do serviço prestado;
- A integração das soluções num quadro de acções que permita a concretização das prioridades estabelecidas.

Os objectivos sectoriais tomam como base as operações e as tecnologias que integram os modelos concebidos e implantados para o seu funcionamento, bem como as actividades complementares e subsidiárias que os inscrevem, a saber:

- Deposição (porta-a-porta e/ou de proximidade);
- Recolha (indiferenciada e/ou selectiva);
- Transporte (directo e/ou com transferência);
- Sistema de tratamento e valorização dos resíduos;
- Destino final;
- Modelo de gestão (institucional ou privado);
- Sistema financeiro (auto-sustentável, poluidor/pagador).

3.3.5. Plano Estratégico para Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU)

Com a aprovação do Plano Estratégico Sectorial de Gestão dos Resíduos Sólidos (PERSU), uma nova era surge em matéria de gestão de resíduos sólidos urbanos com a construção de infra-estruturas que assegurassem um adequado tratamento e destino final dos resíduos produzidos diariamente e, posteriormente, a requalificação ambiental das lixeiras até então existentes.

Sendo os objectivos prioritários de intervenção em matéria de resíduos urbanos, definidos no PERSU, a prevenção, a redução da produção de resíduos e a sua perigosidade (Plano Estratégico Sectorial de Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos), é fundamental caracterizá-los para aferir, em concreto, que quantidades existem de cada tipo e planificar a estratégia mais adequada à realidade.

Com a aplicação do PERSU é assumida a necessidade de que os produtores de RSU, enquanto beneficiários dos serviços de gestão, deveriam pagar uma taxa que cobrisse, no mínimo, os custos de exploração e de monitorização ambiental dos sistemas (recolha, transporte, tratamento e destino final), uma vez que os financiamentos apenas satisfaziam a fase de concepção e construção de infra-estruturas.

Em relação à importância da classificação dos resíduos, no PERSU é entendido que “para uma abordagem da gestão dos RSU não basta determinar a sua origem devendo também ser tido em conta quer as fileiras constituintes, (...), quer determinados fluxos (...)”. Actuar no sentido da valorização dos resíduos urbanos implica necessariamente a sua distinção (caracterização), podendo esta ser mais ou menos abrangente em conformidade com os objectivos que se pretendam alcançar e o tipo de resíduos que se pretende gerir.

Com o PERSU, e no âmbito das metas preconizadas pela União Europeia (EU), nomeadamente mediante as Directivas 94/62/CE, de 20 de Dezembro de 1994, relativa a embalagens e resíduos de embalagens, 1999/31/CE, de 26 de Abril, relativa à deposição de resíduos em aterros, verifica-se um incremento em soluções tecnológicas de valorização para que cada fileira tenha o devido escoamento no mercado.

A evolução das políticas europeias em termos de resíduos, aliada à necessidade de se fazer cumprir os pressupostos do 6º Programa Comunitário em Matéria de Ambiente, como o grande destaque dado à prevenção, à reciclagem, e à utilização sustentável dos recursos naturais, foram alguns dos factores que induziram à revisão do PERSU.

A vigência do PERSU II (Portaria n.º 187/2007, de 12 de Fevereiro) prolongar-se-á até 2016. Este Plano estabelece toda a política de gestão de RSU, apenas para Portugal Continental, procurando alcançar uma gestão e objectivos mais exigentes, o que passará pelo maior envolvimento e responsabilização da população e dos agentes (*e.g.* município, operadores privados, Inspeção Geral do Ambiente).

Os Açores, como região autónoma, possuem o seu próprio plano de gestão de resíduos denominado por Plano Estratégico de Gestão de Resíduos dos Açores (PEGRA), publicado em Decreto Legislativo Regional n.º 20/2007/A de 23, de Agosto de 2007.

3.4. Plano Estratégico de Gestão de Resíduos dos Açores (PEGRA)

O Plano Estratégico de Gestão de Resíduos dos Açores constitui o instrumento normativo de referência para a gestão de resíduos na Região Autónoma dos Açores (RAA). Tem por missão assegurar a valorização dos recursos naturais, a protecção dos ecossistemas e a garantia da saúde pública na RAA, e os respectivos objectivos programáticos visam atingir a eficiência e eficácia da gestão de resíduos, nas suas componentes tecnológica, económico-financeira e jurídico-legal, numa perspectiva de

sustentabilidade e de co-responsabilidade na cadeia de produção, reutilização, valorização e eliminação dos resíduos.

O PEGRA visa, igualmente, a convergência dos interesses da Administração Regional, da Administração Municipal, das empresas públicas e privadas, das associações e organizações não governamentais, todos eles procurando contribuir para a promoção de uma política de gestão de resíduos eficaz e consentânea com os desafios que a RAA enfrenta.

O PEGRA tem como objectivos estratégicos (DRA-SRAM, 2007):

- Contribuir para a implementação de infra-estruturas tecnológicas que assegurem a qualidade do serviço e a protecção ambiental;
- Encorajar a eco-eficiência do sector empresarial e a sua competitividade;
- Garantir o acesso à informação e dinamizar a participação pública;
- Fomentar o conhecimento e qualificação dos recursos humanos;
- Promover a sustentabilidade económico-financeira do sistema de gestão de resíduos, assegurando a coesão regional e garantindo a eficácia do quadro legal e institucional.

Ao nível dos resíduos agrícolas e florestais, a recente evolução do quadro jurídico nesta área, traduzida na Directiva n.º 2006/12/CE de 27 de Abril, exclui das operações de gestão de resíduos as categorias de “biomassa florestal” e “biomassa agrícola”, o que pode facilitar a sua gestão e potenciar o seu uso como recurso valorizável do ponto de vista energético (tecnologias convencionais ou emergentes).

É possível distinguir uma variedade de categorias de tipos de resíduos provenientes da actividade agrícola, nas quais se incluem restos de produções não retiradas (*e.g.* frutas, hortícolas), resíduos vegetais, provenientes das actividades florestal e agrícola, resíduos de animais incluindo os seus dejectos, resíduos plásticos, resíduos de embalagens (fitossanitários, embalagens de madeira para acondicionamento de produtos, entre outras), resíduos provenientes de maquinaria agrícola e outros resíduos.

Numa análise prospectiva de resíduos agrícolas e florestais, encontram-se abrangidos nesta tipologia os resíduos agro-industriais (por exemplo a indústria dos laticínios e as bebidas), as indústrias agrícolas (suiniculturas e pecuárias), indústrias de processamento de madeira e resíduos específicos da floresta.

O PEGRA não contempla o investimento na valorização de biomassa florestal ou agrícola, ainda que apoie a sua valorização, nomeadamente, a energética.

4. Sistema de gestão de resíduos no Concelho de Nordeste

4.1. Descrição operacional

No concelho de Nordeste os RSU produzidos têm como destino final, desde 2001, o aterro sanitário. Esta infra-estrutura localiza-se em São Pedro do Nordestinho, e foi projectado tendo como horizonte de vida útil o ano de 2014 (Figura 9).



Figura 9: Vista aérea do aterro sanitário de Nordeste (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

O aterro possui cerca de $28,8 \times 10^3 \text{ m}^3$ de volume e uma capacidade para albergar cerca de 2 220 t/ano de resíduos, apresentando, de acordo com o PEGRA, um risco ambiental considerado médio no contexto regional.

Na recepção do Aterro procede-se a uma triagem limitada (*e.g.* latas, garrafas de lixívia, pacotes de leite), armazena-se o papel e são feitos os fardos. Os efluentes lixiviados são recolhidos na célula, encaminhados para um poço com sistema de retenção (cesto) para sólidos e totalmente impermeabilizado.

Dado que o quantitativo recepcionado não ultrapassa as 1×10^3 t/dia, o sistema não se encontra sujeito a licenciamento ambiental (aplicável apenas quando a capacidade total de recepção ultrapassa as 25×10^3 t/dia). O aterro usa energia da rede eléctrica como fonte de produção primária.

Procurando dar maior funcionalidade à célula do aterro, a autarquia implementou a recolha selectiva de RSU porta-a-porta em 2004, contemplando no início apenas a área da restauração, mas que actualmente já abrange toda a população do concelho (Figura 10).



Figura 10: Exemplo da recolha selectiva porta-a-porta no comércio (A) e nas habitações (B).

Refira-se que a empresa municipal Nordeste Activo é actualmente a responsável pela recolha selectiva e tratamento de resíduos sólidos urbanos e higiene pública do concelho.

Complementarmente, encontra-se em construção uma nova unidade de células para o tratamento de resíduos, com recurso à vermicompostagem, na qual a digestão da matéria orgânica proveniente dos resíduos urbanos permite separar o composto obtido dos resíduos de embalagens de plástico, vidro e metal (Figura 11).



Figura 11: Futura unidade de vermicompostagem em projecto (A) e em construção (B) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Importa, ainda, referir que a concepção, organização e exploração dos sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos na RAA são assumidos pelos municípios (como acontece no continente, por lei). No caso da ilha de São Miguel, existe uma gestão intermunicipal dos tecnossistemas de destino final a cargo da Associação de Municípios da Ilha de São Miguel (AMISM). A AMISM é, assim, responsável, entre outras funções, pela instalação e gestão do sistema de depósito e tratamento de resíduos sólidos no ecocentro que se localiza em Ponta Delgada.

A integração do município de Nordeste neste sistema, que data de 2006, foi ditada pela estratégia definida pela autarquia relativamente ao processo de recolha selectiva de resíduos no concelho (CMN, 2006) (Figura 12 e Tabela 16). Como tal, os resíduos sólidos urbanos provenientes da recolha selectiva dão entrada no aterro de Nordeste, sendo posteriormente transportados para o ecocentro da AMISM, situado no Aterro Sanitário da ilha de São Miguel.



Figura 12: Ecopontos para o processo de recolha selectiva de resíduos no concelho de Nordeste

Tabela 16: Dias para a recolha selectiva no concelho de Nordeste (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Freguesia	Vidro	Papel/cartão Plástico/metal	Sacas e plásticos dos lavradores	RSU indiferenciados
Salga	2ª e 6ª F	5ª F	4ª F	3ª e 6ª F
Achadinha	2ª e 6ª F	5ª F	4ª F	3ª e 6ª F
Achada	2ª e 6ª F	5ª F	4ª F	3ª e 6ª F
Feteira Grande e Pequena	2ª e 6ª F	5ª F	4ª F	3ª e 6ª F
Algarvia	2ª e 6ª F	5ª F	4ª F	3ª e 6ª F
Santo António Nordestinho	2ª e 6ª F	5ª F	4ª F	3ª e 6ª F
São Pedro Nordestinho	2ª e 6ª F	3ª F	4ª F	2ª e 5ª F
Lomba da Fazenda	2ª e 6ª F	3ª F	4ª F	2ª e 5ª F
Nordeste – Vila	2ª e 6ª F	3ª F	4ª F	2ª e 5ª F
Pedreira	2ª e 6ª F	3ª F	4ª F	2ª e 5ª F

4.1.1. Unidade de Vermicompostagem

Encontra-se em fase de finalização a construção do centro de tratamento de resíduos da Nordeste Activo, com recurso à vermicompostagem. O seu fluxograma operacional e equipamentos são seguidamente descritos (Figura 13) (Nordeste Activo, E.M., 2010):

4.1.1.1. Sistema de recepção e descarga de resíduos

Os resíduos provenientes dos circuitos de recolha indiferenciada são transportados pelos veículos de recolha e pesados na báscula do Aterro Sanitário do Concelho de Nordeste. Os veículos, após controlo, dirigem-se para a Unidade de Vermicompostagem, onde manobram e descarregam na plataforma de recepção. Os resíduos são colocados na baía por recheio com pá sobre rodas. A baía tem capacidade para receber cerca de 40 m³ de resíduos ou seja, o dobro da capacidade diária de processamento de RSU na instalação. O outro componente residual a processar, os resíduos verdes, serão recebidos e armazenados em zona própria confinada, onde são destroçados.

Os resíduos são recebidos de forma indiferenciada. Uma pá sobre rodas alimenta um trommel através de um tapete transportador com tremonha de recepção. O trommel dispõe de facas de corte que lhe permitem efectuar a abertura de sacos. Os resíduos libertados dos sacos são armazenados temporariamente em baía própria de onde são retirados pela pá sobre rodas para mistura com resíduos verdes e deposição para compostagem em pilhas estáticas.

A capacidade nominal de tratamento é de 1 800 t/ano de resíduos.

As baias, de recepção, têm as seguintes capacidade úteis:

- RSU – A capacidade unitária de armazenagem em baias é de 40 m³.
- Verdes – A capacidade unitária de armazenagem em baias é de 10 m³.

4.1.1.2. Compostagem em pilhas estáticas

Os resíduos são transportados para a secção de compostagem. Na secção de compostagem são delimitados espaços para a sua recepção, onde são organizadamente construídas pilhas. As pilhas são arejadas por método natural. A secção dispõe ainda de sistemas de humedificação por aspersão e de drenagem de águas lixiviantes. O controlo da compostagem é feito por sondas, sendo registados dados de temperatura, humidade e pH.

Recepção diária: 16,3m³

Dimensões das pilhas:

- Comprimento: 3m
- Largura: 4m
- Altura max: 2,5 m

Total resíduos/pilha: 30m³

Sendo o tempo de retenção de 5 a 6 semanas para cada pilha, organiza-se uma zona de compostagem com capacidade para 14 pilhas. Para mais fácil movimentação e melhor controlo de tempos de residência, cada área é repartida em 5 secções diárias, com separação por pranchas amovíveis, possuindo cada parcela de deposição diária uma rotação mensal.

4.1.1.3. Vermicultura

A vermicultura é o processo digestivo em que as minhocas *Eisenia phoetida* convertem o composto na sua própria biomassa e em vermicomposto resultante da digestão.

As camas de vermicultura possuirão características dimensionais e funcionais equivalentes às descritas para as pilhas de compostagem. A secção dispõe de sistemas de humidificação por aspersão e de drenagem de fertilizante.

Dimensões das pilhas:

- Comprimento: 3m
- Largura: 4m
- Altura max: 1,5m

Volume/cama x dia: 18,0m³

Do mesmo modo que para as pilhas, a área destinada a camas de vermicompostagem é agrupada em secções mensais separadas por divisórias amovíveis com capacidade diária. Sendo o tempo de retenção de 3 a 5 semanas para cada cama, organiza-se uma secção de vermicompostagem com 12 camas, considerada a quebra em massa de cerca de 30% na compostagem em pilhas. Após este período de tratamento, os resíduos são secos antes de triados e afinado o composto.

4.1.1.4. Secagem

A secção de secagem é contígua à de vermicompostagem. A secção dispõe de sistema de produção de calor por caldeira a BioDiesel e equipamento de permuta térmica. O ar quente gerado é insuflado no túnel de secagem em contínuo da Linha de Afinação e Triagem. Todas as secções de tratamento – compostagem, vermicultura e secagem – possuem sistema de drenagem de efluentes. Organiza-se a secção de secagem numa área de 12m².

4.1.1.5. Linha de afinação e triagem de composto

Contígua à secção de Recepção e Mistura é instalada a secção de Triagem e Afinação de composto. De acordo com o balanço de massas serão recebidas anualmente nesta secção cerca de 1 000 t de composto contaminado com inertes. A função específica da instalação de Triagem e Afinação é a de separar e classificar a fracção orgânica para armazenagem e expedição e recuperar, separando, as diferentes fracções de inertes para reciclagem dos materiais aproveitáveis, sendo rejeitados todos os componentes indesejados. O processo inclui fundamentalmente três etapas – alimentação, separação e afinação de composto, triagem de inertes.

A matéria orgânica já fermentada, vermicomposto, introduz-se com a pá carregadora na tremonha do transportador. Este alimenta um trommel e cortes a 2,5 e 20mm. No trânsito pelo transportador de alimentação os materiais passam numa zona de secagem onde é insuflado ar quente em contínuo. Os materiais que não passam pela malha do crivo consideram-se detritos da crivagem e são recolhidos pela tremonha que descarrega no transportador para alimentar a secção de triagem. Nesta secção são separadas duas qualidades de produto, respectivamente com 2 e 5mm. O corte a 20mm é recirculado para a alimentação da unidade para nova secagem seguida de separação no trommel.

O produto é recebido em contentores de 1 000 litros ou “*big-bags*” de igual capacidade. Constitui o composto comercial que, quando recebido em contentores, se transporta para a zona de armazenagem temporária de produto acabado onde é ensacado em pequenos sacos, em ensacadora manual, para ser expedido em camiões.

Os materiais rejeitados no crivo são retirados da linha de afinação e descarregados por tremonha sobre o transportador, que se desloca a 1,2m de altura. Este transportador é aproveitado para efectuar a triagem dos materiais recicláveis aí transportados. Num

comprimento de cerca de 6m são criados quatro postos de triagem para separação de vidro, plásticos e metais. A triagem é manual e os produtos são depositados em contentores de 800 litros, colocados lateralmente aos postos de trabalho. O refugo da triagem é descarregado pelo transportador em contentor de 2m³ para transporte a aterro.

4.1.1.6. Linha de lavagem de plásticos

Sendo a vermicompostagem efectuada sobre resíduos indiferenciados sem triagem prévia, os contaminantes recicláveis mantêm aderente alguma porção de composto, variável com o teor de humidade deste. Quer para valorização dos materiais recicláveis, quer para redução das perdas de composto por aderência aos materiais contaminantes, ganha sentido a inclusão de uma linha de lavagem de plásticos por ser este o contaminante de maior expressão quantitativa. Tendo presente a possibilidade de utilização dos plásticos recuperados na produção de perfis compostos, é incluída nesta linha um moinho triturador.

4.1.1.7. Linha de transformação de matérias recicláveis

Os plásticos lavados e triturados podem constituir matéria-prima para a produção de perfis compostos com papel. A respectiva linha de produção incluirá uma Extrusora de plásticos e papel, para produção de perfis compostos, com capacidade para 500 a 1 000 kg/h.

Após as operações de pré-tratamento, efectuadas na linha de lavagem, a matéria-prima é depositada na tremonha de alimentação da extrusora. Sempre que a tremonha requeira material, um controlador de nível coordena a alimentação de matéria-prima e pára-a automaticamente quando o nível máximo é atingido na tremonha. A matéria-prima é homogeneizada e lançada na extrusora através de um canal vibrante. Os materiais são tratados por fricção e pressão, sendo comprimidos contra uma matriz que confere a forma e dimensão final ao perfil. A matriz é equipada com sistema hidráulico que controla a pressão do processo. Os perfis são empurrados para as guias de estabilização que dispõe de sistema de corte. Durante o processo são produzidos calor e vapor. O vapor é colectado num sistema de aspiração de ar.

4.1.1.8. Linha de ensacamento de fertilizante

Quando recebido em contentores o fertilizante é transportado para a zona de armazenagem temporária de produto acabado onde é ensacado em pequenos sacos, em ensacadora manual.

4.1.1.9. Sistema de armazenagem e expedição do composto

Uma vez efectuada a depuração e afinação, o adubo composto é descarregado pelo trommel para “*big-bags*” com capacidade de 1 000 L, ensacamento directo ou para contentores de 1 000 L para o ensacamento de sacos pequenos.

4.1.1.10. Reactor biológico por Vermicompostagem

O Reactor Biológico por Vermicompostagem consiste na implementação da máquina de vermicompostagem (efectivo de vermes de *Eisenia phoetida*), fornecimento de inoculantes e materiais aceleradores da reacção biológica em húmus de minhoca, durante o período de dois anos. O Reactor Biológico efectua a desodorização dos resíduos sólidos urbanos, higienização dos elementos patogénicos, estabilização da matéria e sua desidratação para um teor de humidade entre os 20% e 35%, sem emissões de CO₂. O produto final do reactor é Húmus de Minhoca Bio Activo, fertilizante biológico de elevado teor de micro orgânico, de acordo com as características contempladas na proposta de Norma de Composto, documento de Trabalho de Especificações Técnicas sobre a Qualidade e Utilizações do Composto.

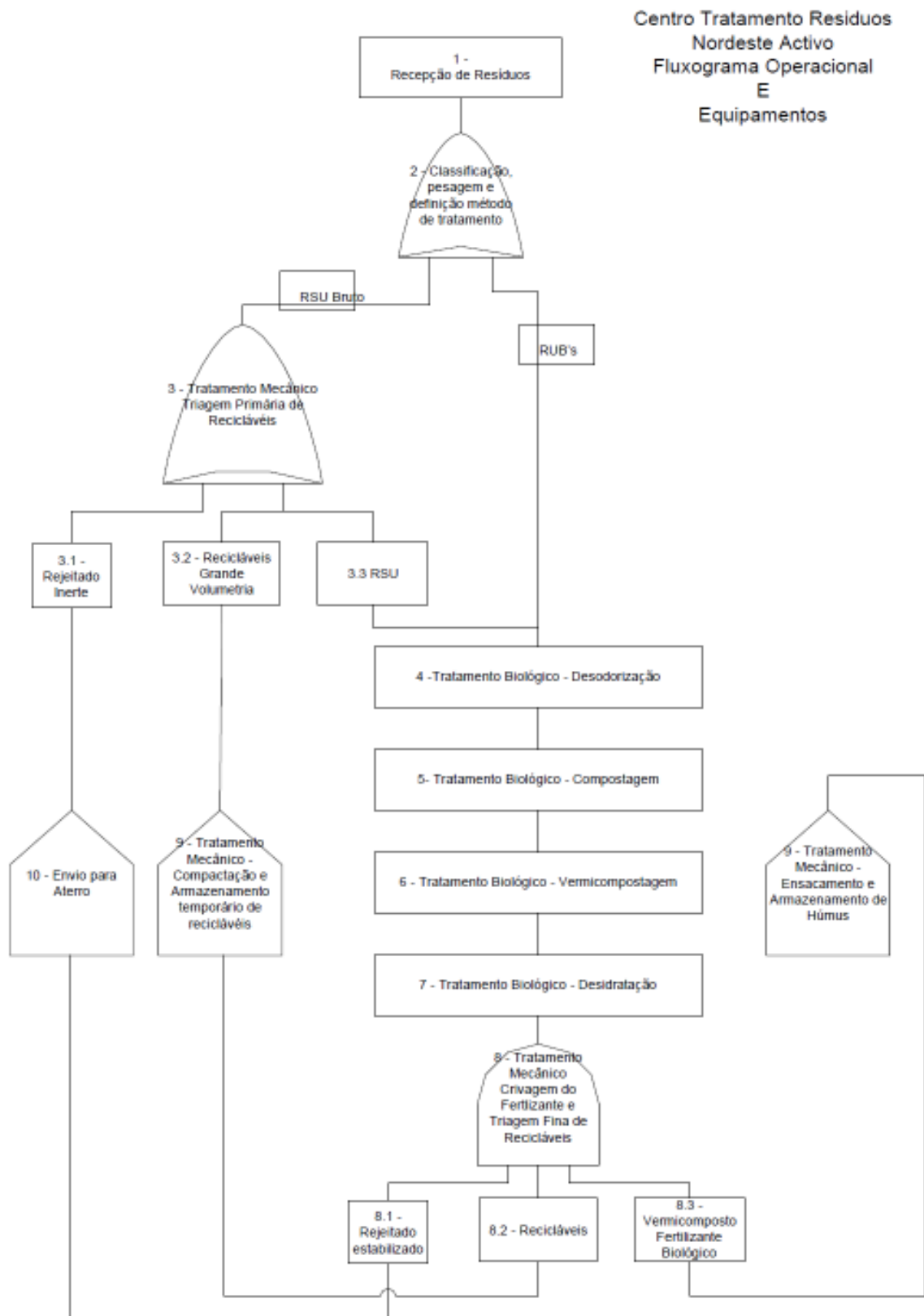


Figura 13: Centro de tratamento de resíduos – fluxograma operacional e equipamentos (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

4.2. Registo de resíduos

4.2.1. Entrada anual de resíduos

No ano de 2006 entraram em aterro 2 294 894 kg de resíduos, dos quais 88% eram resíduos indiferenciados. De salientar que na recolha selectiva, o vidro foi o resíduo produzido em maior quantidade (Tabela 17).

Tabela 17: Entrada anual de resíduos provenientes da recolha selectiva no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2006 (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Recolha Selectiva – entrada anual de 2006		
Tipo de resíduo	Quantidade (kg)	Total (%)
Vidro	117 740	5
Papel	55 946	2
Embalagens	21 830	1
Sub-total	195 516	8
Tipo de resíduo	Quantidade (kg)	Total (%)
Indiferenciados	2 009 048	88
Ecocentros – entrada anual de 2006		
Tipo de resíduo	Quantidade (kg)	Total (%)
Monstros	32 150	1
Sucata	22 820	1
Outros	18 290	1
Plásticos Agrícolas	17 070	1
Sub-total	90 330	4
Total	2 294 894	

No ano de 2007 entraram em aterro 1 945 397 kg de resíduos, dos quais 72% eram resíduos indiferenciados. De salientar que na recolha selectiva, o vidro continuou a ser o resíduo produzido em maior quantidade. Em relação ao ano anterior (2006), produziram-se menos 349 497 kg de resíduos indiferenciados, e aumentaram todos os resíduos de recolha selectiva (Tabela 18).

Tabela 18: Entrada anual de resíduos provenientes da recolha selectiva no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2007 (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Recolha Selectiva – entrada anual de 2007		
Tipo de resíduo	Quantidade (kg)	Total (%)
Vidro	232 490	12
Papel	134 545	6
Embalagens	70 702	4
Sub-total	437 737	23
Tipo de resíduo	Quantidade (kg)	Total (%)
Indiferenciados	1 414 990	72
Ecocentros – entrada anual de 2007		
Tipo de resíduo	Quantidade (kg)	Total (%)
Monstros	37 630	2
Sucata	10 610	1
Outros	32 240	2
Plásticos Agrícolas	12 190	1
Sub-total	92 670	6
Total	1 945 397	

No ano de 2008 entraram em aterro 2 062 889 kg de resíduos, dos quais 72% eram resíduos indiferenciados. De salientar que na recolha selectiva, o vidro foi o resíduo produzido em maior quantidade. Em relação ao ano anterior (2007), produziram-se mais 117 489 kg de resíduos indiferenciados, e ocorreu uma ligeira diminuição nos resíduos de recolha selectiva (com excepção das embalagens) (Tabela 19).

Tabela 19: Entrada anual de resíduos provenientes da recolha selectiva no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2008 (^a Ferro velho + REEE. – resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos + sofás + móveis.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Recolha Selectiva – entrada anual de 2008		
Tipo de residuo	Quantidade (kg)	Total (%)
Vidro	221 750	11
Papel	119 485	5
Embalagens	73 045	4
Sub-total	414 280	20
Tipo de residuo	Quantidade (kg)	Total (%)
Indiferenciados	1 487 419	72
Ecocentros – entrada anual de 2008		
Tipo de residuo	Quantidade (kg)	Total (%)
Monstros ^a	76 307	4
Sucata	5 300	0
Outros	46 330	2
Plásticos Agrícolas	33 250	2
Sub-total	161 187	8
Total	2 062 886	

No ano de 2009 entraram em aterro 2 164 550 kg de resíduos, dos quais 72% eram resíduos indiferenciados. De salientar que na recolha selectiva, o vidro foi o resíduo produzido em maior quantidade. Em relação ao ano anterior (2008), produziram-se mais 101 661 kg de resíduos indiferenciados, e verificou-se um ligeiro incremento nos resíduos de recolha selectiva (com excepção do vidro) (Tabela 20).

Tabela 20: Entrada anual de resíduos provenientes da recolha selectiva no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2009 (^a Ferro velho + sofás + móveis + sucata; ^b Pneus.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Recolha Selectiva – entrada anual de 2009		
Tipo de residuo	Quantidade (kg)	Total (%)
Vidro	182 455	8
Papel	125 240	6
Embalagens	87 575	4
Sub-total	395 270	18
Tipo de residuo	Quantidade (kg)	Total (%)
Indiferenciados	1 548 280	72
Ecocentros – entrada anual de 2009		
Tipo de residuo	Quantidade (kg)	Total (%)
Monstros ^a	58 940	3
Outros ^b	41 195	2
Plásticos Agrícolas	71 725	3
REEE. – Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos	49 140	2
Sub-total	221 000	10
Total	2 164 550	

4.2.2. Entrada mensal de resíduos

No ano de 2007, em relação à maior produção de resíduos de recolha selectiva, esta ocorreu em Julho para o vidro, em Abril para o papel e em Novembro para as embalagens. No geral, o mês de Julho foi o que teve maior produção de resíduos de recolha selectiva. Já em relação à menor produção de resíduos de recolha selectiva, esta ocorreu em Janeiro para o vidro, em Fevereiro para o papel e em Fevereiro para as embalagens. No geral, o mês de Janeiro foi o que teve menor produção de resíduos de recolha selectiva. No oposto, Janeiro foi o mês de maior produção de resíduos indiferenciados, sendo que o menor foi em Junho (Tabela 21).

Tabela 21: Entrada mensal de resíduos provenientes da recolha selectiva no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2007 (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Mês	Recolha Selectiva – entrada mensal de 2007 (kg)				Indiferenciada (kg)	Ecocentros – entrada mensal de 2007 (kg)			
	Vidro	Papel	Embalagens	Soma	Indiferenciados	Monstros	Sucata	Outros	Plásticos agrícolas
Janeiro	11 810	5 750	2 120	19 680	160 660	4 360	1 700	3 200	2 380
Fevereiro	13 390	4 400	1 910	19 700	132 053	3 430	330	610	6 080
Março	17 560	11 610	5 340	34 510	102 400	1 280	5 680	2 130	2 050
Abril	17 000	18 170	6 120	41 290	107 090	2 550	2 540	730	1 680
Maiο	16 760	11 780	8 470	37 010	116 298	5 760	0	0	0
Junho	19 860	15 250	6 610	41 720	94 040	1 690	0	6 440	0
Julho	31 990	14 085	5 940	52 015	140 489	3 960	0	0	0
Agosto	25 700	12 540	7 012	45 252	125 440	1 680	0	2 950	0
Setembro	20 690	9 560	5 390	35 640	107 420	600	0	6 680	0
Outubro	20 250	10 590	7 540	38 380	111 510	850	0	5 870	0
Novembro	17 280	10 020	9 260	36 560	104 160	5 350	360	2 880	0
Dezembro	20 200	10 790	4 990	35 980	113 430	6 120	0	750	0
Totais	232 490	134 545	70 702	437 737	1 414 990	37 630	10 610	32 240	12 190

No ano de 2008, em relação à maior produção de resíduos de recolha selectiva, esta ocorreu em Março para o vidro, em Julho para o papel e em Outubro para as embalagens. No geral, o mês de Agosto foi o que teve maior produção de resíduos de recolha selectiva. Já em relação à menor produção de resíduos de recolha selectiva, esta ocorreu em Novembro para o vidro, em Outubro para o papel e em Julho para as embalagens. No geral, o mês de Novembro foi o que teve menor produção de resíduos de recolha selectiva. Agosto foi o mês de maior produção de resíduos indiferenciados, sendo que o menor foi em Novembro (Tabela 22).

Tabela 22: Entrada mensal de resíduos provenientes da recolha selectiva no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2008 (a Ferro velho + REEE. – resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos + sofás + móveis.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Mês	Recolha Selectiva – entrada mensal de 2008 (kg)				Indiferenciada (kg)	Ecocentros – entrada mensal de 2008 (kg)			
	Vidro	Papel	Embalagens	Soma	Indiferenciados	Monstros ^a	Sucata	Outros	Plásticos agrícolas
Janeiro	18 260	10 880	7 560	36 700	115 020	7 607	0	760	0
Fevereiro	17 210	9 495	6 590	33 295	113 210	8 440	0	0	0
Março	21 240	7 630	5 190	34 060	116 920	2 950	5 300	2 460	3 440
Abril	14 030	9 960	6 915	30 905	115 360	3 420	0	5 150	6 920
Maiο	19 020	8 180	5 440	32 640	134 899	9 700	0	5 010	3 330
Junho	20 240	8 300	6 670	35 210	128 360	16 920	0	950	1 670
Julho	17 480	17 150	4 040	38 670	154 070	2 780	0	7 650	2 040
Agosto	26 740	7 560	6 050	40 350	155 670	2 300	0	7 120	2 290
Setembro	14 590	14 190	5 580	34 360	132 080	2 590	0	7 090	1 720
Outubro	20 420	6 810	8 650	35 880	117 130	11 670	0	5 290	2 460
Novembro	13 840	8 470	5 380	27 690	93 050	4 310	0	2 590	4 520
Dezembro	18 680	10 860	4 980	34 520	111 650	3 620	0	2 260	4 860
Totais	221 750	119 485	73 045	414 280	1 487 419	76 307	5 300	46 330	33 250

No ano de 2009, em relação à maior produção de resíduos de recolha selectiva, esta ocorreu em Agosto para o vidro, em Setembro para o papel e em Julho para as embalagens. No geral, o mês de Setembro foi o que teve maior produção de resíduos de recolha selectiva. Já em relação à menor produção de resíduos de recolha selectiva, esta ocorreu em Dezembro para o vidro, em Maio para o papel e em Maio para as embalagens. No geral, o mês de Maio foi o que teve menor produção de resíduos de recolha selectiva. Julho foi o mês de maior produção de resíduos indiferenciados, sendo que o menor foi em Fevereiro (Tabela 23).

Tabela 23: Entrada mensal de resíduos provenientes da recolha selectiva no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2009 (^a Ferro velho + sofás + móveis + sucata; ^b Pneus.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Mês	Recolha Selectiva – entrada mensal de 2009 (kg)				Indiferenciada (kg)	Ecocentros – entrada mensal de 2009 (kg)			
	Vidro	Papel	Embalagens	Soma	Indiferenciados	Monstros ^a	REEE.	Outros ^b	Plásticos agrícolas
Janeiro	15 610	9 470	5 600	30 680	117 490	4 430	1 560	3 960	5 360
Fevereiro	12 960	9 310	6 810	29 080	113 830	1 600	4 380	2 465	4 570
Março	16 185	8 990	5 960	31 135	122 090	5 110	1 810	3 690	5 220
Abril	13 230	10 200	7 010	30 440	115 010	4 730	3 200	4 220	8 610
Maiο	14 620	7 420	5 230	27 270	117 170	4 520	4 900	780	4 690
Junho	14 800	10 060	6 070	30 930	140 530	5 810	3 420	770	8 645
Julho	15 590	10 970	10 670	37 230	156 340	5 920	5 750	0	3 660
Agosto	21 780	9 700	6 960	38 440	149 360	6 010	4 690	7 070	2 140
Setembro	15 960	13 740	9 625	39 325	149 790	6 110	5 110	2 290	4 800
Outubro	15 440	12 920	6 920	35 280	124 080	5 430	5 730	8 390	5 580
Novembro	13 910	9 080	6 490	29 480	121 390	4 790	5 190	3 750	7 050
Dezembro	12 370	13 380	10 230	35 980	121 200	4 480	3 400	3 810	11 400
Totais	182 455	125 240	87 575	395 270	1 548 280	58 940	49 140	41 195	71 725

4.2.3. Saída anual de resíduos

No ano de 2006 entraram em aterro 2 294 894 kg de resíduos, dos quais apenas saíram 228 758 kg. A maioria corresponde aos resíduos de recolha selectiva (72%), e tendo sido o vidro a categoria de resíduo de recolha selectiva produzido em maior quantidade foi, igualmente, o que teve uma maior saída. De salientar que nos resíduos em ecocentros, a maior saída corresponde aos monstros, que também contabilizavam a maior produção em 2006 (Tabela 24).

Tabela 24: Saída anual de resíduos provenientes da recolha selectiva do aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2006 (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Recolha Selectiva – saída anual de 2006		
Tipo de residuo	Quantidade (kg)	Total (%)
Vidro	96 620	42
Papel	48 010	21
Embalagens	20 562	9
Sub-total	165 192	72
Tipo de residuo	Quantidade (kg)	Total (%)
Indiferenciados	2 050	1
Ecocentros – saída anual de 2006		
Tipo de residuo	Quantidade (kg)	Total (%)
Monstros	32 926	14
Sucata	15 890	7
Outros	11 670	5
Plásticos Agrícolas	1 030	1
Sub-total	61 516	27
Total	228 758	

No ano de 2007 entraram em aterro 1 945 397 kg de resíduos. Deste quantitativo, saíram 399 425 kg. A maioria corresponde aos resíduos de recolha selectiva (87%), nomeadamente o vidro que foi o resíduo de recolha selectiva produzido em maior quantidade nesse ano. De salientar que nos resíduos em ecocentros, a maior saída corresponde aos monstros, que também contabilizavam a maior produção em 2007 (Tabela 25).

Tabela 25: Saída anual de resíduos provenientes da recolha selectiva do aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2007 (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Recolha Selectiva – saída anual de 2007		
Tipo de resíduo	Quantidade (kg)	Total (%)
Vidro	200 720	50
Papel	89 752	22
Embalagens	56 953	15
Sub-total	347 425	87
Tipo de resíduo	Quantidade (kg)	Total (%)
Indiferenciados	0	0
Ecocentros – saída anual de 2007		
Tipo de resíduo	Quantidade (kg)	Total (%)
Monstros	22 850	6
Sucata	16 510	4
Outros	8 630	2
Plásticos Agrícolas	4 010	1
Sub-total	52 000	13
Total	399 425	

No ano de 2008 entraram em aterro 2 062 889 kg de resíduos. Desses, apenas saíram 419 970 kg. A maioria corresponde aos resíduos de recolha selectiva (89%), e tendo sido o vidro o resíduo de recolha selectiva produzido em maior quantidade foi, assim o que teve uma maior saída. De salientar que nos resíduos em ecocentros, a maior saída corresponde à sucata. Visto que este resíduo foi o que contabilizou a menor entrada em 2008, é de suspeitar que outros resíduos produzidos em maior quantidade tais como os monstros (ferro velho) e outros tenham sido mal classificados à saída (Tabela 26).

Tabela 26: Saída anual de resíduos provenientes da recolha selectiva do aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2008 (ª Ferro velho.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Recolha Selectiva – saída anual de 2008		
Tipo de resíduo	Quantidade (kg)	Total (%)
Vidro	212 710	51
Papel	97 360	23
Embalagens	64 270	15
Sub-total	374 340	89
Tipo de resíduo	Quantidade (kg)	Total (%)
Indiferenciados	0	0
Ecocentros – saída anual de 2008		
Tipo de resíduo	Quantidade (kg)	Total (%)
Monstros ^a	5 840	1
Sucata	28 270	7
Outros	8 740	2
Plásticos Agrícolas	2 780	1
Sub-total	45 630	11
Total	419 970	

No ano de 2009 entraram em aterro 2 164 550 kg de resíduos, dos quais saíram 508 610 kg. A maioria corresponde aos resíduos de recolha selectiva (63%), e tendo sido o vidro o resíduo de recolha selectiva produzido em maior quantidade (2009), foi o que teve uma maior saída. De salientar que nos resíduos em ecocentros, a maior saída corresponde a outros (pneus). Visto que este resíduo foi o que contabilizou a menor entrada em 2009, e estando classificado como sendo essencialmente composto por pneus, é de suspeitar que este valor seja o somatório de outros de anos anteriores (Tabela 27).

Tabela 27: Saída anual de resíduos provenientes da recolha selectiva do aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2009 (^a Ferro velho; ^b Pneus.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Recolha Selectiva – saída anual de 2009		
Tipo de resíduo	Quantidade (kg)	Total (%)
Vidro	155 080	30
Papel	59 760	12
Embalagens	104 650	21
Sub-total	319 490	63
Tipo de resíduo	Quantidade (kg)	Total (%)
Indiferenciados	0	0
Ecocentros – saída anual de 2009		
Tipo de resíduo	Quantidade (kg)	Total (%)
Monstros ^a	13 120	3
Sucata	5 320	1
Outros ^b	133 580	26
Plásticos Agrícolas	10 600	2
REEE. – Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos	26 500	5
Sub-total	189 120	37
Total	508 610	

4.2.4. Saída mensal de resíduos

No ano de 2007, em relação à maior saída de resíduos de recolha selectiva, esta ocorreu em Agosto para o vidro, em Maio para o papel e em Setembro para as embalagens. No geral, o mês de Agosto foi o que teve maior saída de resíduos de recolha selectiva. Já em relação à menor saída de resíduos de recolha selectiva, esta ocorreu em Janeiro para o vidro, em Fevereiro para o papel e em Janeiro para as embalagens. No geral, o mês de Janeiro foi o que teve menor saída de resíduos de recolha selectiva (Tabela 28).

Tabela 28: Saída mensal de resíduos provenientes da recolha selectiva do aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2007 (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Mês	Recolha Selectiva – saída mensal de 2007 (kg)				Indiferenciada (kg)	Ecocentros – saída mensal de 2007 (kg)			
	Vidro	Papel	Embalagens	Soma	Indiferenciados	Monstros	Sucata	Outros	Plásticos agrícolas
Janeiro	7 630	3 140	520	11 290	0	3 140	2 190	0	0
Fevereiro	11 470	2 100	3 070	16 640	0	1 890	1 250	4 590	4 010
Março	14 630	8 195	2 885	25 710	0	0	12 970	0	0
Abril	20 780	6 790	1 500	29 070	0	2 970	100	0	0
Maiο	11 860	13 750	5 240	30 850	0	3 140	0	0	0
Junho	18 970	6 120	1 822	26 912	0	2 580	0	0	0
Julho	20 900	13 707	4 706	39 313	0	0	0	0	0
Agosto	27 900	9 180	4 250	41 330	0	0	0	0	0
Setembro	18 600	5 170	11 310	35 080	0	9 130	0	0	0
Outubro	21 290	7 680	6 700	35 670	0	0	0	0	0
Novembro	15 880	7 450	5 210	28 540	0	0	0	4 040	0
Dezembro	10 810	6 470	9 740	27 020	0	0	0	0	0
Totais	200 720	89 752	56 953	347 425	0	22 850	16 510	8 630	4 010

No ano de 2008, em relação à maior saída de resíduos de recolha selectiva, esta ocorreu em Agosto para o vidro, em Janeiro para o papel e em Março para as embalagens. No geral, o mês de Janeiro foi o que teve maior saída de resíduos de recolha selectiva. Já em relação à menor saída de resíduos de recolha selectiva, esta ocorreu em Março para o vidro, em Dezembro para o papel e em Dezembro para as embalagens. No geral, o mês de Dezembro foi o que teve menor saída de resíduos de recolha selectiva. Visto que os resíduos de papel e de plástico contabilizaram 0 (zero) em Dezembro, é de suspeitar que estes não existiam em quantidade suficiente para encher um contentor nesse mês (Tabela 29).

Tabela 29: Saída mensal de resíduos provenientes da recolha selectiva do aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2008 (ª Ferro velho.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Mês	Recolha Selectiva – saída mensal de 2008				Indiferenciada (kg)	Ecocentros – saída mensal de 2008			
	(kg)					(kg)			
	Vidro	Papel	Embalagens	Soma	Indiferenciados	Monstros ^a	Sucata	Outros	Plásticos agrícolas
Janeiro	19 250	17 830	5 920	43 000	0	0	6 600	0	0
Fevereiro	18 120	8 880	3 790	30 790	0	0	0	0	0
Março	11 410	11 350	10 420	33 180	0	5 840	7 740	1 600	2 780
Abril	15 810	9 390	6 450	31 650	0	0	0	0	0
Maiο	19 580	7 150	4 060	30 790	0	0	0	0	0
Junho	15 480	3 190	7 770	26 440	0	0	6 370	0	0
Julho	22 500	12 820	5 540	40 860	0	0	0	0	0
Agosto	23 510	4 690	6 440	34 640	0	0	0	3 830	0
Setembro	19 600	7 420	3 060	30 080	0	0	1 520	3 310	0
Outubro	16 190	10 360	6 070	32 620	0	0	0	0	0
Novembro	12 550	4 280	4 750	21 580	0	0	6 040	0	0
Dezembro	18 710	0	0	18 710	0	0	0	0	0
Totais	212 710	97 360	64 270	374 340	0	5 840	28 270	8 740	2 780

No ano de 2009, em relação à maior saída de resíduos de recolha selectiva, esta ocorreu em Julho para o vidro, em Abril para o papel e em Janeiro para as embalagens. No geral, o mês de Janeiro foi o que teve maior saída de resíduos de recolha selectiva. Já em relação à menor saída de resíduos de recolha selectiva, esta ocorreu em Maio para o vidro, em Dezembro para o papel e em Junho para as embalagens. No geral, o mês de Junho foi o que teve menor saída de resíduos de recolha selectiva. Visto que os resíduos de papel contabilizaram 0 (zero) em Dezembro e os resíduos de plástico contabilizaram 0 (zero) em Junho, é de suspeitar que estes não existiam em quantidade suficiente para encher um contentor nesses mesmos meses (Tabela 30).

Tabela 30: Saída mensal de resíduos provenientes da recolha selectiva do aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2009 (^a Ferro velho; ^b Pneus.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Mês	Recolha Selectiva – saída mensal de 2009				Indiferenciada (kg)	Ecocentros – saída mensal de 2009				
	(kg)					(kg)				
	Vidro	Papel	Embalagens	Soma	Indiferenciados	Monstros ^a	REEE.	Sucata	Outros ^b	Plásticos agrícolas
Janeiro	13 020	3 500	21 290	37 810	0	0	0	0	0	0
Fevereiro	9 040	7 240	9 000	25 280	0	0	3 570	5 320	0	2 990
Março	13 380	6 220	9 900	29 500	0	0	0	0	0	2 640
Abril	12 460	11 870	9 960	34 290	0	0	2 810	0	0	3 250
Maiο	8 460	0	9 910	18 370	0	0	0	0	9 880	0
Junho	8 880	5 240	0	14 120	0	0	3 175	0	88 800	0
Julho	20 750	4 800	8 200	33 750	0	2 030	0	0	25 730	0
Agosto	19 680	4 240	2 690	26 610	0	0	845	0	0	1 720
Setembro	14 210	6 740	10 280	31 230	0	0	7 650	0	2 330	0
Outubro	12 770	0	10 830	23 600	0	0	0	0	0	0
Novembro	13 610	9 910	5 400	28 920	0	0	2 730	0	0	0
Dezembro	8 820	0	7 190	16 010	0	11 090	5 720	0	6 840	0
Totais	155 080	59 760	104 650	319 490	0	13 120	26 500	5 320	133 580	10 600

4.3. Outros dados

4.3.1. Veículos

4.3.1.1. Recolha indiferenciada

As idas diárias ao aterro, por parte do veículo de recolha indiferenciada dependem do tipo da rota e da época (Figura 14). No Inverno, a rota Pedreira – São Pedro Nordestinho implica 1 ou 2 idas ao aterro para pesagens e no Verão, esta mesma rota implica 2 idas ao aterro. A outra rota, Santo António Nordestinho – Salga, de Inverno, implica 1 ida ao aterro para pesagem e no Verão, esta mesma rota implica 1 ou 2 idas ao aterro.



Figura 14: Veículo de recolha indiferenciada (A) e (B).

O veículo de recolha indiferenciada percorre semanalmente, em média, 300 km, o que totaliza 1 200 km/mês. O tipo de combustível usado é o gasóleo, consumindo semanalmente, em média, 147 litros, ou seja 589 L/mês (Tabela 31).

Tabela 31: N° de km e quantidade de combustível para o veículo de recolha indiferenciada (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Dia	km (dia)	km (semana)	Combustível (L) (semana)
15-01-2010	81	292	142
18-01-2010	72		
19-01-2010	80		
21-01-2010	59		
22-01-2010	80	302	150
25-01-2010	81		
26-01-2010	81		
28-01-2010	60		
29-01-2010	81	294	142
01-02-2010	72		
02-02-2010	81		
04-02-2010	60		
05-02-2010	81	312	155
08-02-2010	72		
09-02-2010	81		
11-02-2010	78		

4.3.1.2. Recolha selectiva

As idas diárias ao aterro, por parte do veículo de recolha selectiva dependem do tipo da rota e do tipo de resíduo (Figura 15). Na rota Pedreira – São Pedro Nordestinho, a recolha de plástico e papel/cartão implica, normalmente, 4 idas ao aterro para pesagem e a recolha de vidro, na mesma rota, implica, normalmente, 2 idas ao aterro. A outra rota, Santo António Nordestinho – Salga, na recolha de plástico e papel/cartão, implica 3 ou 4 idas ao aterro para pesagens e a recolha de vidro, nesta mesma rota, implica, normalmente, 2 idas ao aterro.



Figura 15: Veículo de recolha selectiva (A) e (B) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Retirando a 1ª semana de Março que tem menos um dia de trabalho, visto que dia 1 não houve recolha e calculando para as restantes 4 semanas na tabela 31, pode-se dizer que o veículo de recolha selectiva percorre semanalmente, em média, 424 km, o que totaliza 1 695 km/mês. O tipo de combustível usado é o gasóleo, consumindo semanalmente, em média, 158 litros, ou seja 632 L/mês (Tabela 32).

Tabela 32: Serviço, circuito, nº de km e quantidade de combustível para o veículo de recolha selectiva (^a Concelho = todas as freguesias do concelho de Nordeste.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Dia	Serviço	Circuito^a	km (dia)	km (semana)	Combustível (L)(semana)
22-02-2010	Vidro	Concelho	109	453	158
23-02-2010	Papel/plástico	Pedreira-S. Pedro	127		
25-02-2010	Papel/plástico	Salga-S. António	108		
26-02-2010	Vidro	Concelho	109		
02-03-2010	Papel/plástico	Pedreira-S. Pedro	83	301	112
04-03-2010	Papel/plástico	Salga-S. António	107		
05-03-2010	Vidro	Concelho	111		
08-03-2010	Vidro	Concelho	110		
09-03-2010	Papel/plástico	Pedreira-S. Pedro	101	430	188
11-03-2010	Papel/plástico	Salga-S. António	108		
12-03-2010	Vidro	Concelho	111		
15-03-2010	Vidro	Concelho	108		
16-03-2010	Papel/plástico	Pedreira-S. Pedro	83	407	143
18-03-2010	Papel/plástico	Salga-S. António	108		
19-03-2010	Vidro	Concelho	108		
22-03-2010	Vidro	Concelho	111		
23-03-2010	Papel/plástico	Pedreira-S. Pedro	82	405	143
25-03-2010	Papel/plástico	Salga-S. António	106		
26-03-2010	Vidro	Concelho	106		

4.3.2. Metal e os vários tipos de plástico

Como mencionado anteriormente, na ilha de São Miguel existe uma gestão intermunicipal dos tecnossistemas de destino final de resíduos, a cargo da AMISM. Sendo a AMISM responsável pela instalação e gestão do sistema de depósito e tratamento de resíduos sólidos no ecocentro de Ponta Delgada, todos os resíduos sólidos urbanos provenientes da recolha selectiva que dão entrada no aterro de Nordeste são posteriormente transportados para esse mesmo ecocentro.

Para tal, existem dois contentores que pertencem à AMISM no aterro de Nordeste (Figura 16). Um está permanentemente no local apenas para os resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE.), sendo que o outro contentor fica no aterro até que se encontre cheio de fardos compactados de resíduos (apenas um tipo de resíduo de cada vez) para que a AMISM o venha posteriormente buscar e levar para o ecocentro de Ponta Delgada.



Figura 16: Contentor de fardos e contentor de resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE).

Como o aterro de Nordeste não tem pavilhões ou espaços fechados para o armazenamento dos resíduos que recebe diariamente, e para evitar a rápida degradação desses mesmos resíduos, que ficam à volta de 1 semana ao ar livre nas células dos ecocentros, procede-se à respectiva compactação em fardos quando é atingido o volume mínimo necessário (Figuras 17 e 18). Esta compactação permite a colocação dos fardos em contentor, minimizando a degradação dos resíduos que é exponenciada pelas condições climáticas locais.



Figura 17: Vista parcial de células dos ecocentros.

Face ao quantitativo de resíduos entrados em Aterro, são usualmente produzidos, por semana, 1 fardo de latas, 1 a 2 fardos de plástico, 1 fardo de pacotes de leite, 5 a 6 fardos de papel, 1 fardo de garrafas de plástico e 2 fardos de garrafas de lixívia (Figura 19). Por exemplo, no caso das latas, e para encher um contentor, são necessários 42 a 44 fardos.



Figura 18: Fardos de embalagens compactados (A) e (B).

Estes dois tipos de resíduos, os metais e plásticos, embora compactados separadamente, são agrupados conjuntamente para encherem o contentor que depois vai para o ecocentro de Ponta Delgada, seguindo com a designação de resíduos de embalagens de plástico/metal.



Figura 19: Pormenor de fardos de embalagens compactados.

Por este motivo, a Nordeste Activo, não tem nos seus registos a divisão entre o resíduo metal e plástico e, como a própria AMISM também não o faz, nem o exige aos municípios, todos os dados existentes não contemplam esta subdivisão.

4.3.2.1. Tipos de plásticos

A palavra "plástico" deriva do adjectivo grego *Plastikos* que significa "moldáveis". Os plásticos são materiais constituídos por longas cadeias de moléculas chamadas polímeros. Os plásticos são derivados de produtos orgânicos, e as matérias primas utilizadas na sua produção de origem natural, tais como celulose, carvão, gás natural, sal e petróleo.

A produção de plástico começa com um processo de destilação numa refinaria. Este processo envolve a fragmentação do crude em grupos mais pequenos, constituídos por uma mistura de cadeias de hidrocarbonetos (compostos químicos feitos de carbono e

hidrogénio). Uma destas fracções, nafta, é um elemento crucial para a produção de plásticos.

Em relação às suas propriedades físicas os plásticos podem ser classificados como:

- Termoendurecíveis – ganham a forma de produtos rígidos por acção do calor e de reacções químicas e não são susceptíveis de serem moldados novamente por acção do calor. (*e.g.* Poliuretano (PU), Resinas insaturadas de poliéster (UP), Politetrafluoro etileno (PTFE), Fenol formaldeído (PF)).
- Termoplásticos - amolecem quando aquecidos e endurecem de novo quando arrefecem, o que permite moldá-los sucessivas vezes. Mais de 80% dos plásticos vulgarmente utilizados são deste tipo (*e.g.* Policarbonato (PC), Polietileno (PE), Politereftalato de etileno (PET), Policloreto de vinilo (PVC), Polipropileno (PP), Poliestireno (PS); Poliestireno expandido (EPS)).

Existem cerca de vinte grupos distintos de plásticos, cada um com numerosos graus disponíveis para permitir a opção óptima para cada tipo de aplicação específica, que se podem agregar em 5 grandes famílias de plástico (Tabela 33):

- Polietileno (incluindo o de baixa densidade, baixa densidade linear e alta densidade)
- Polipropileno
- Policloreto de vinilo
- Poliestireno
- Politereftalato de etileno

Estas 5 famílias representam cerca de 75% de todos os plásticos da Europa. A embalagem continua a ser a maior aplicação para os plásticos, representando cerca de 37% do total de consumo, seguindo-se a construção e demolição com 21%. A indústria automóvel representa cerca de 8% e o uso na electricidade e electrónica cerca de 6%. A utilização em medicina, lazer, agricultura e outras aplicações representam cerca de 28%.

Aparentemente os plásticos são muito semelhantes e um mesmo tipo de plástico pode ser ligeiramente modificado de forma a ter diversas aplicações, por isso para uma mesma aplicação podem ser utilizados plásticos diferentes.

Em Portugal não existe obrigatoriedade legal de marcação das embalagens. A marcação é voluntária e a sua prática auxilia o consumidor e particularmente o operador de triagem a identificar o tipo de plástico.

A numeração e as abreviaturas a adoptar para identificar os diferentes tipos de plástico estão descritas na Decisão 97/129/CE e normalmente a indústria utiliza-a em associação com os símbolos sugeridos pela *Society of Plastics Industry* (SPI) (Plastval, 2010).








Tipos de plásticos	Características	Aplicações	
PETE Politereftalato de etileno	<ul style="list-style-type: none"> • Transparente • Resistente à ruptura • Pouco permeável • Leve 	<ul style="list-style-type: none"> • Frascos e garrafas para uso alimentar • Embalagens para cosméticos • Fibras têxteis 	 PETE
HDPE Polietileno de alta densidade	<ul style="list-style-type: none"> • Resistente à ruptura • Resistente a baixas temperaturas • Leve • Pouco permeável • Rígido 	<ul style="list-style-type: none"> • Embalagens para detergentes e óleos de automóveis • Cosméticos • Baldes de tintas • Tubos de gás 	 HDPE
PVC Policloreto de vinilo	<ul style="list-style-type: none"> • Resistente à ruptura • Resistente à temperatura • Transparente • Rígido 	<ul style="list-style-type: none"> • Garrafas de água mineral • Brinquedos • Tubos • Material hospitalar • Cartões de crédito 	 PVC
LDPE Polietileno de baixa densidade	<ul style="list-style-type: none"> • Flexível • Leve • Transparente • Pouco permeável 	<ul style="list-style-type: none"> • Sacos de supermercado • Filmes para fraldas descartáveis • Filmes para embalar alimentos 	 LDPE
PP Polipropileno	<ul style="list-style-type: none"> • Conserva o aroma • Resistente à ruptura • Transparente • Brilhante • Resistente a mudanças de temperatura • Rígido 	<ul style="list-style-type: none"> • Fibras para tapetes • Fios e cabos • Embalagens para alimentos • Embalagens médicas • Baterias de veículos 	 PP
PS Poliestireno	<ul style="list-style-type: none"> • Resistente à ruptura • Transparente • Brilhante • Leve • Pouco permeável • Rígido 	<ul style="list-style-type: none"> • Caixas de iogurtes e gelados • Brinquedos • Aplicações eléctricas • Esferovite 	 PS
OUTROS ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) PA (poliamida), entre outros	<ul style="list-style-type: none"> • Flexível • Leve • Resistente ao calor 	<ul style="list-style-type: none"> • Acessórios desportivos • Material eléctrico • Peças de automóveis 	 OUTROS

Tabela 33: Tipos de plásticos termoplásticos, usos mais comuns e símbolos (Fonte: Oliveira *et al.*, 2009).

5. Descrição do modelo de avaliação do desempenho de sistemas de gestão de resíduos

5.1. Introdução

5.1.1. Fundamentação do modelo

Várias ferramentas têm sido desenvolvidas para a avaliação do Ciclo de Vida dos sistemas de gestão de resíduos, ponderando os efeitos ambientais e económicos, quer por iniciativa de centros de investigação, quer de organizações privadas, nomeadamente empresariais.

O objectivo do Modelo é fornecer aos municípios as ferramentas que permitam avaliar o desempenho ambiental e económico dos vários elementos dos seus sistemas de gestão de resíduos já existentes ou em fase de projecto. As ferramentas são baseadas na melhor informação disponível, com o compromisso de revisão periódica desta informação para assegurar que esta se encontra actualizada. As ferramentas servem apenas de guia. A determinação do melhor sistema para uma comunidade deve ter em consideração outros factores incluindo considerações sociais e políticas.

A ferramenta de análise ambiental usa a ACV para avaliar o peso ambiental associado aos componentes de gestão do percurso do resíduo por diferentes processos de gestão de resíduos. Importa realçar que a AVC encontra uma crescente aplicação à avaliação de estratégias de gestão de resíduos.

A Análise do Ciclo de Vida oferece uma base holística e objectiva para comparar sistemas alternativos (Aumonier, 1995). Deve-se entretanto ter em atenção que há uma diferença fundamental entre os limites do Ciclo de Vida dos produtos e desperdícios. O Ciclo de Vida de um produto começa com a extracção de matérias-primas (por exemplo através de actividades como a mineração ou a desflorestação), e termina com a eliminação final de um produto. Por outro lado, o Ciclo de Vida de um desperdício começa quando um material é rejeitado e entra no fluxo do resíduo e acaba quando o material de resíduo estiver convertido num recurso (tal como material reciclado ou energia recuperada) ou, quando for finalmente eliminado.

As Avaliações de Ciclo de Vida são geralmente definidas como consistindo em quatro fases:

- Definição do objectivo e âmbito de aplicação;
- Análise de inventário, onde os recursos consumidos e poluentes libertados sobre o Ciclo de Vida definido de um produto ou serviço são inventariados;
- Análise de impacte, onde os parâmetros inventariados são agregados para produzir uma indicação total do impacte ambiental;
- Análise da interpretação, onde o significado e relevância dos resultados da análise do inventário e/ou do impacte são usados para melhorar o desempenho ambiental do sistema.

Nos últimos anos, agências tais como a *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (1991), *Canadian Standards Association* (1994), e a *International Organization for Standardisation* (ISO) empreenderam o desenvolvimento de metodologias padronizadas para conduzir as Avaliações do Ciclo de Vida. Como consequência destes esforços, há agora um amplo acordo numa metodologia para a realização das primeiras duas fases de Avaliações de Ciclo de Vida – definição dos objectivos e o âmbito da sua aplicação e inventários do Ciclo de Vida. A terceira fase de Avaliações de Ciclo de Vida, a análise de impacte, é intrinsecamente mais problemática e não há, neste momento, nenhuma metodologia de consenso alargado e aceite para combinar os diversos efeitos ambientais numa única medida do desempenho ambiental. A amplitude deste estudo é conseqüentemente limitada a um inventário dos parâmetros ambientais seleccionados e considerados ser os indicadores das principais categorias do impacte ambiental e a interpretação dos resultados do inventário.

5.2. Âmbito de aplicação

5.2.1. Resíduos/Sistemas de gestão de resíduos

O âmbito de aplicação do modelo de análise ambiental aplicado na presente dissertação apenas inclui os principais componentes dos resíduos residenciais: papel, plástico, vidro, alumínio, aço, e alimentos e resíduos de jardim. Cada um destes materiais pode ser potencialmente gerido por diferentes elementos de um sistema de gestão de resíduos integrado e, conseqüentemente, beneficiar de uma avaliação sistemática das opções de gestão.

No Modelo, materiais diversos (*e.g.* têxteis, fraldas, lixo de animais, resíduos de renovação das casas, borracha, couro), são tratados como uma única categoria chamada “outros resíduos”. A categoria “outros resíduos” só pode ser usada através das opções de recuperação de energia e deposição em aterro.

É durante a fase de definição dos objectivos e âmbito, que se trabalham os impactes ambientais da gestão de cada um destes materiais através da reciclagem, compostagem, recuperação de energia (quando aplicável) e/ou deposição em aterro. O modelo é, portanto, capaz de avaliar as seguintes práticas de gestão de resíduos/combinações de material (Tabela 34):

- Reciclagem de papel, plástico, vidro, aço e alumínio;
- Compostagem de papel, resíduos verdes e resíduos de alimentos e;
- Combustão e deposição em aterro de todos os componentes de resíduos.

Tabela 34: Materiais indiferenciados/combinações de práticas de gestão de resíduos avaliadas pelo modelo (* Outros resíduos incluem têxteis, borracha, fraldas, lixo de animais domésticos, pneus, resíduos de renovações de casas, produtos de linha branca e resíduos domésticos perigosos.) (Fonte: EPIC/CSR Integrated Solid Waste Management Tools: Project Report).

Material	Reciclagem	Compostagem	Aplicação no solo	Instalação de recuperação de energia	Deposição em aterro
Papel	✓	✓		✓	✓
Vidro	✓			✓	✓
Metais ferrosos	✓			✓	✓
Alumínio	✓			✓	✓
Plásticos	✓			✓	✓
Resíduos alimentares		✓		✓	✓
Resíduos verdes		✓	✓	✓	✓
Outros resíduos*				✓	✓

5.3. Os limites do sistema

5.3.1. Modelo de análise ambiental

O Ciclo de Vida de um resíduo começa quando um produto é descartado para o fluxo de resíduos e termina quando o material de resíduos, quer tenha sido convertido num recurso (material reciclado ou recuperado energia) ou, quando foi definitivamente descartado. Processos de recuperação tais como a reciclagem, compostagem e valorização energética, que resultam na produção de um material útil, podem ser vistos como complementando duas funções: a gestão dos resíduos (a função de gestão de resíduos, W) e, a produção material útil ou energia (a função de produção, P). O material/energia recuperado pode ser usado em vez do material/energia convencional (*e.g.* matérias-primas virgens, produção de energia provenientes da queima de combustíveis fósseis). Um estudo do Ciclo de Vida de um material de resíduos deve ter em conta os encargos ambientais evitados associados à produção do material/energia convencionais deslocados. Esta abordagem permite que o valor ambiental intrínseco do material e energia recuperados, a ser contabilizado da mesma maneira que o seu valor económico é considerado pela contabilização das receitas do material e energia. Os limites do Ciclo de Vida de cada um dos processos de gestão de resíduos avaliados pelo Modelo aplicado são descritos a seguir.

- **Reciclagem:** O limite do sistema para a reciclagem usado no modelo de análise ambiental começa no ponto em que um reciclável se encontra no momento da colecta e termina quando um material reciclado (que pode ser usado como um substituto para um material convencional) é produzido. Energia e emissões associadas à produção de materiais convencionais (*e.g.* matérias-primas virgens) que podem potencialmente ser substituídas pelo material reciclado, são estimados e contabilizados como emissões evitadas. Assume-se no modelo que as fases “utilizadas” do material reciclado e convencional são idênticas, e portanto, excluídas da avaliação. A suposição é feita, portanto, que uma tonelada de material reciclado irá substituir uma tonelada de material convencional. Se não for este o caso, o desempenho do Ciclo de Vida da reciclagem em relação aos processos de gestão de resíduos pode ser afectado de forma significativa. Por exemplo, num estudo que comparou a gestão de resíduos de plástico através das

diferentes opções de gestão de resíduos, verificou-se que se um valor significativamente inferior a 1 kg de plástico virgem é substituído por plástico reciclado, a reciclagem pode não ter mais uma vantagem sobre a reciclagem de matérias-primas e processos de recuperação de energia em termos de desempenho ambiental (APME, 1995).

- **Compostagem:** O limite do sistema de compostagem estende-se desde a recolha de orgânicos no momento da colecta até à produção de composto utilizável. O estimativo dos encargos associados aos materiais que podem potencialmente ser substituídos pelo composto de produto (como o carvão e fertilizantes) é difícil devido à falta de dados sobre as taxas de substituição e encargos do Ciclo de Vida impostos pelos materiais substituídos. No entanto, para manter a coerência com outras opções de gestão de resíduos, e reconhecer o potencial de emissões evitadas dos gases de efeito de estufa a partir de fertilizantes ou produção de turfa e aplicação, um deslocamento de 10% das emissões totais de CO₂ a partir da compostagem foi atribuído a esta opção.
- **Recuperação de energia:** As fronteiras do sistema para os processos de recuperação de energia avaliados neste modelo (recuperação directa de energia ou utilização de gás do aterro) foram elaboradas a partir do ponto em que os resíduos são recolhidos até ao ponto em que a energia recuperada é produzida. Energia e as emissões associadas à produção de energia convencional (*e.g.* combustíveis fósseis), que podem potencialmente ser substituídos pelo material recuperado e energia também são estimados e contabilizados como emissões evitadas.
- **Deposição:** Ao contrário das emissões provenientes de processos de gestão de resíduos, as emissões dos aterros ocorrem durante períodos muito longos de tempo, abrangendo centenas de anos. Em teoria, o aterro é parte do sistema avaliado quando ele é ambientalmente activo (produzindo chorume e gás), mas volta a tornar-se parte do ambiente quando a sua acaba a sua vida activa. Definir a vida activa de um aterro é difícil. Além disso, uma vez que as emissões do aterro irão ocorrer no futuro, não há maneira nem meios para medi-los, eles podem apenas ser estimados. Finnveden (1995) aconselha que os dois prazos são relevantes nos estudos de Ciclo de Vida: o período de tempo examinável; e, o período hipotético infinito. O período de tempo examinável corresponde ao

tempo que leva para um aterro atingir o estado pseudo-estacionário, após o qual as mudanças são mais lentas do que nas fases iniciais. Finnveden (1995) sugere que, como uma primeira estimativa, este período de tempo pode ser assumido como correspondendo a aproximadamente 100 anos. Ao comparar as emissões de aterros com aquelas de outras práticas de gestão de resíduos, a carga de aterro (e.g. gás, chorume) são integradas ao longo do período de 100 anos. Depois de 100 anos, o aterro é considerado como uma parte do ambiente e os resíduos remanescentes no aterro são contabilizados como resíduo residual.

O Modelo não quantifica os efeitos da redução na fonte e actividades de reutilização que ocorrem no design dos produtos e nas suas fases de uso. No entanto, como estas actividades resultam em mudanças na quantidade e composição dos resíduos, o modelo pode ser usado para avaliar os efeitos dessas práticas na energia consumida e as emissões geradas durante a fase de gestão de resíduos.

O modelo de análise ambiental não leva em conta os encargos associados à construção de novas infra-estruturas ou equipamentos que possam ser necessários para efectuar uma mudança nas práticas de gestão de resíduos. White *et al.* (1995) relata que na maioria dos inventários de Ciclo de Vida realizados até à data, chegou-se à conclusão de que estes encargos são insignificantes quando se disseminam ao longo do Ciclo de Vida da planta de infra-estruturas ou equipamentos e, portanto, omitida. Num estudo efectuado pelo Concelho do Ambiente e Indústria de Plástico (EPIC, 1997), a Agência do Ambiente do Reino Unido avaliou os encargos ambientais associados com a manufactura, construção, manutenção e encerramento de um incinerador e comparou-os estes com as emissões durante a operação da planta. O estudo concluiu que, mesmo numa estimativa conservadora é pouco provável que os encargos associados à construção das instalações serão superiores a 10% daqueles associados ao funcionamento do incinerador.

Trabalhos recentes sobre aterros realizados pela Agência de Protecção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) como parte da sua investigação sobre a gestão do Ciclo de Vida dos resíduos sólidos urbanos sugerem que os encargos das infra-estruturas contribuem significativamente para os resultados globais. Por esse motivo, o tratamento dos encargos de infra-estruturas deve ser reexaminado durante as revisões posteriores do modelo.

5.4. Parâmetros ambientais

A ferramenta de análise ambiental faz uma estimativa da quantidade de energia consumida (ou produzida) e as emissões para o ar, para a água e para o solo associadas à reciclagem, compostagem, energia dos resíduos e aterros sanitários. Os parâmetros ambientais seleccionados para avaliação são apresentados na Tabela 35 e os efeitos ambientais associados a estes parâmetros são apresentados na Tabela 36.

Tabela 35: Parâmetros ambientais seleccionados (Fonte: EPIC/CSR Integrated Solid Waste Management Tools: Project Report).

Energia	Emissões para o ar	Emissões para a água	Emissões para o solo
Energia total consumida	Dióxido de carbono (CO ₂)	Chumbo (Pb)	Resíduos sólidos indiferenciados
	Metano (CH ₄)	Cádmio (Cd)	
	Óxidos de azoto (NO _x)	Mercúrio (Hg)	
	Dióxido de enxofre (SO ₂)	CBO	
	Cloreto de hidrogénio (HCl)	PCDD/F (TEQ)	
	Partículas inferiores a 10 microns (PM-10)		
	Compostos orgânicos voláteis de não-metano (VOCs)		
	Chumbo (Pb)		
	Cádmio (Cd)		
	Mercúrio (Hg)		
	PCDD/F (TEQ)		

O consumo de energia foi seleccionado como um indicador do esgotamento de recursos. Emissões de gases com efeito de estufa (CO₂ e CH₄) fornecem um indicador do aquecimento global. As emissões de NO_x, PM-10 e VOCs são precursores da poluição urbana. Os metais pesados e dioxinas fornecem uma indicação do risco à saúde. CBO (carência biológica de oxigénio) foi seleccionado como um indicador de pressão sobre a qualidade das águas residuais, e os resíduos sólidos como um indicador da inviabilização do uso do solo.

Neste estudo foram consideradas quatro Categorias de Impacte Ambiental (Tabela 37) nas quais os poluentes considerados são agregados segundo a metodologia de Leiden (Guinée, 2001).

Tabela 36: Parâmetros indicadores (Fonte: EPIC/CSR Integrated Solid Waste Management Tools: Project Report).

Parâmetro indicador	Indicador de	Parâmetro indicador	Indicador de
Energia Total de energia consumida	Esgotamento de recursos		
Emissões para o ar <u>Gases de efeito estufa</u> Dióxido de carbono (CO ₂) Metano (CH ₄) <u>Gases ácidos</u> Óxidos de azoto (NO _x) Dióxido de enxofre (SO ₂) Cloro de hidrogénio (HCl) <u>Precusores da poluição urbana</u> Compostos orgânicos voláteis (VOCs) Óxidos de azoto (NO _x) Material particulado (<10 µ) (PM-10) <u>Metais pesados</u> Chumbo (Pb) Cádmio (Cd) Mercúrio (Hg) <u>Compostos orgânicos</u> Dioxinas e furanos (TEQ)	Mudanças climáticas Acidificação, risco para a saúde Formação de poluição urbana, risco para a saúde Risco para a saúde Risco para a saúde	Emissões para a água <u>Metais pesados</u> Chumbo (Pb) Cádmio (Cd) Mercúrio (Hg) <u>Compostos orgânicos</u> Dioxinas e furanos (TEQ) <u>Carência bioquímica de oxigénio (CBO)</u> Emissões para o solo Resíduos sólidos indiferenciados	Risco para a saúde, degradação ambiental Risco para a saúde, degradação ambiental Qualidade da água, degradação ambiental Inviabilização do uso do solo

Tabela 37: Categorias de Impacte Ambiental do IWM (Fonte: Guinée, 2001).

Categorias de Impacte Ambiental	Inventário Ambiental (Emissões)
Efeito de Estufa	Gases de Efeito de Estufa
Acidificação	Gases Acidificantes
<i>Smog</i> Fotoquímico	Precusores de <i>Smog</i>
Toxicidade Humana	Metais e Compostos Orgânicos

6. Ensaio de triagem e quantificação de resíduos plástico/metal

6.1. Procedimentos

Para se obter uma quantificação da quantidade de resíduos de plástico e metal em separado, foi feita uma experiência com 15 famílias no concelho de Nordeste, onde foi pedido que cada família subdividisse estes dois tipos de resíduos. O plástico foi ainda dividido nos 7 tipos diferentes de plásticos existentes.

Para tal, foram adquiridos 120 sacos para o lixo de 50 litros (65x75cm), onde, em cada saco, foi colado um autocolante com o símbolo correspondente a cada tipo de plástico. Ainda, e para facilitar, foi entregue em papel, uma cópia da Tabela 33 para ajudar na identificação das várias aplicações. Sendo assim, cada família recebeu 8 sacos, sendo 7 para os plásticos e 1 para os metais (Figura 20).



Figura 20: Sacos de lixo usados na experiência (A) e modo de entrega (B).

Embora a ideia inicial fosse a de prolongar a experiência por mais tempo (1 mês), houve uma constatação que para uma maior adesão das famílias contactadas, o prazo teria de ser mais reduzido. Assim, esta experiência teve a duração de 15 dias e decorreu durante o mês de Maio de 2010, com início no dia 3 de Maio de 2010 e com fim no dia 17 de Maio de 2010.

Apesar de esta experiência contar apenas com 15 famílias, a quantidade de pessoas envolvidas (entre filhos, cônjuges e outros que fazem parte do agregado familiar e que habitam a mesma casa) atingiu as 48 pessoas (Tabela 38). Segundo o registo estatístico de 2008 para o número de residentes no concelho de Nordeste, apontava para os 5 307 habitantes (Tabela 3), sendo que as 48 pessoas que participaram na experiência correspondem aproximadamente a 0,9% da população total do concelho de Nordeste.

Tabela 38: Informação relativa às famílias que participaram na experiência (M = Masculino/F = Feminino).

Família nº	Freguesia	Agregado familiar (M/F & idade)						
		Cônjuges		Filhos		Pais		Irmãos
1	Pedreira	M 34	F 38	M 8	F 5			
2	Algarvia	M 33	F 34	M 8	F 4			
3	Vila	M 45	F 42	M 16	M 10			
4	Lomba Fazenda	M 35	F 29	F 11	F 1			
5	Santo António	M 42	F 34	M 17	M 4			
6	Pedreira	M 45	F 33	M 1				
7	Lomba Fazenda	F 35						
8	Lomba Fazenda	M 28	F 23	M 2				
9	Salga	M 35	F 31	F 10				
10	Vila	M 26	F 24			M 48	F 46	M 17
11	Vila	M 68	F 65					
12	Algarvia	M 36	F 31	M 11				
13	Vila	M 36	F 36	F 2				
14	Vila	M 41	F 28	M 6 meses				
15	Vila	M 32	F 32					

Cada família recebeu 3 mensagens de texto no seu telemóvel (SMS), sendo uma enviada no dia 3 de Maio de 2010 (9h00), para lembrar as famílias o início da experiência, a segunda mensagem foi enviada dia 10 de Maio de 2010 (9h00), a lembrar que ainda faltava 1 semana para o fim da experiência e, por fim, a terceira mensagem foi entregue dia 17 de Maio de 2010 (9h00), a avisar que a experiência tinha

terminado. Foi depois efectuada a triagem de resíduos de plástico/metal e a sua quantificação (Figura 21).



Figura 21: Triagem de resíduos de plástico/metal (A) e quantificação final (B).

6.2. Contrariedades na realização do ensaio

Há uma grande dúvida na população em geral, e neste caso em particular, nas famílias que participaram na experiência da separação de resíduos, relativamente ao ecoponto em que se devem colocar as embalagens “Tetra Pak”.

No caso do concelho de Nordeste, a população recebe em casa (por correio) o folheto explicativo de como usar os ecopontos. A informação incluída neste folheto contempla os dias para a recolha para cada resíduo, por cada freguesia, o descritivo do que se pode depositar e do que não se pode depositar em cada ecoponto e os procedimentos a adoptar para tal.

A primeira contrariedade ocorre a este propósito, na medida que segundo este folheto as embalagens de leite e de sumos (“Tetra Pak”) devem ser depositadas no ecoponto azul (papel/cartão), e não no ecoponto amarelo (plástico) (Figura 22).



Figura 22: Parte da informação incluída no folheto relativa ao ecoponto azul (A) e ecoponto amarelo (B) (Fonte: Nordeste Activo, E.M.).

Já em relação aos ecopontos, estes são disponibilizados gratuitamente à população, após solicitação junto dos serviços competentes da Câmara Municipal. Esta medida vai de encontro ao sistema implementado no concelho de Nordeste, de recolha selectiva e de porta-a-porta. Neste ponto encontra-se a segunda contrariedade, visto que no ecoponto amarelo, estão impressas na sua tampa instruções para a deposição no seu interior de embalagens “Tetra Pak” (Figura 23).



Figura 23: Pormenor impresso no ecoponto amarelo relativo aos resíduos a depositar no seu interior.

A terceira contrariedade provém das próprias embalagens. Em produtos idênticos, neste caso embalagens “Tetra Pak” de leite, duas marcas diferentes têm impressas nas suas embalagens instruções distintas no que respeita à sua deposição final. Uma indica que a sua embalagem deve ser colocada no ecoponto amarelo, e outra indica que a sua embalagem deve ser colocada no ecoponto azul (Figura 24).



Figura 24: Informação em embalagens “Tetra Pak” de leite sobre a sua deposição final em ecoponto amarelo (A) e ecoponto azul (B).

De acordo com a informação recolhida sobre as embalagens “Tetra Pak”, esta é uma embalagem asséptica para o envase de alimentos permitindo sua melhor conservação (Figura 25). Esta embalagem é composta de seis camadas de três materiais: papel, responsável pela estrutura; polietileno de baixa densidade, responsável pela adesão e impermeabilidade entre as camadas; e alumínio, barreira contra luz e oxigênio. O papel representa em média 75%, em massa, o polietileno representa 20% e o alumínio, 5%. (Wikipedia, 2010).

Visto que, segundo o folheto e o ecoponto, as embalagens “Tetra Pak”, tanto podiam ir para o ecoponto amarelo como para o ecoponto azul e, tendo em conta que o papel representa em média 75%, em massa da embalagem, ficou decidido que estas embalagens, durante a experiência, não seriam depositadas no ecoponto amarelo mas sim no azul, não contando para a pesagem final. Daí o explicativo para a diferença de 2 252,4 kg (2,25 toneladas) descritas no final do ponto 7.3 da presente dissertação.

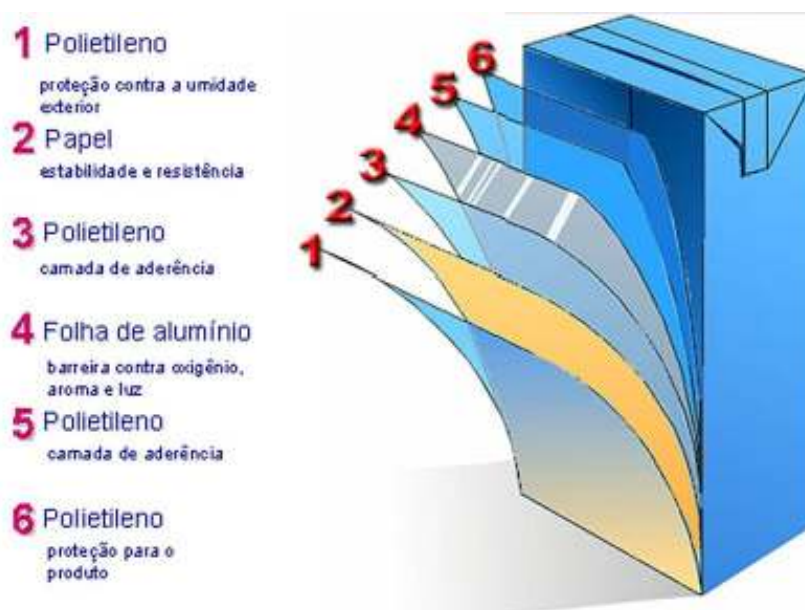


Figura 25: Identificação das várias camadas da embalagem “Tetra Pak”
(Fonte: Wikipedia, 2010).

Importa referir, contudo, que embora existam estas contrariedades de informação, o que está estipulado pela empresa municipal Nordeste Activo é que as embalagens “Tetra Pak”, e especialmente as embalagens de leite, quando chegam ao aterro sanitário de São Pedro Nordestinho (quer seja através do ecoponto azul, quer pelo ecoponto amarelo),

são consideradas resíduos de embalagens, sendo separadas dos restantes resíduos e, feitos fardos somente destas embalagens. Embora não tenham sido contabilizadas durante a experiência, o seu quantitativo está englobado no valor total mensal de resíduos de embalagens que entraram no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em Maio de 2010 (Tabela 40).

A título de curiosidade, no final da experiência, uma das pessoas que participou, chamou a atenção para o seguinte:

De todas as informações consultadas no decorrer deste trabalho, os sacos de plástico (de supermercado) encontram-se descritos como sendo do tipo “*polietileno de baixa densidade*” ou LDPE. Este tipo de plásticos tem ainda a particularidade de ter como símbolo o nº 4. Já o exemplo da Figura 26 tem imprimido na sua parte inferior que o símbolo ao qual está associado é o nº 2 do tipo “*polietileno de baixa densidade*” ou HDPE.



Figura 26: Pormenor de um saco de plástico “Modelo” em relação ao seu tipo.

Como no início da experiência, todas as pessoas que receberam os sacos (com um autocolante com o símbolo correspondente a cada tipo de plásticos) também receberam

uma cópia (em papel) da imagem da figura 20 para ajudar na identificação das várias aplicações, onde está claramente descrito que os sacos de supermercado tinham que ser colocados no saco com o autocolante nº 4 (LDPE), esta pessoa (que foi a única a descobrir esta diferença) assim o fez, mas no final da experiência chamou a atenção desta particularidade dos sacos de plástico “Modelo”.

6.3. Resultados

No total, 48 pessoas (15 famílias) em 2 semanas (15 dias) produziram 31,2 kg de plástico e 7,4 kg de metal. A quantidade de plástico pode ainda subdividir-se em 7,7 kg de PETE; 6,2 kg de HDPE; 2,7 kg de PVC; 6,9 kg de LDPE; 4,3 kg de PP; 3,1 kg de PS e 0,3 kg de outros tipos de plásticos (Tabela 39).

Tabela 39: Resíduos produzidos (em 15 dias) pelas famílias que participaram na experiência.

Família nº	Plástico (kg)							Metal (kg)
	1 (PETE)	2 (HDPE)	3 (PVC)	4 (LDPE)	5 (PP)	6 (PS)	7 (Outros)	
1	0,455	0,535	0,095	0,629	2,010	1,250	0,020	0,430
2	0,600	0,400	0,050	2,000	0,500	0,300	0	1,900
3	0,300	0,520	0	0	0	0	0	1,260
4	0,450	0,250	0,300	0,550	0,100	0,100	0	0,300
5	0,750	0,150	0	0,250	0,050	0	0	0,250
6	0,550	0,100	0	0,700	0,300	0,250	0	0,500
7	0,200	0,190	0,200	0,050	0,100	0,080	0	0,250
8	0,200	0,435	0,075	0,350	0,040	0,095	0	0,380
9	0,600	0	0	0,100	0	0	0	0
10	0,500	0	0	0,050	0	0,100	0	0
11	1,100	0,700	2,000	0,800	0	0,600	0	0,400
12	0,265	1,856	0	0	0	0	0	0
13	0,823	0,930	0	0,330	0,250	0,031	0	0,292
14	0,700	0	0	0,710	0,110	0,050	0	0,190
15	0,190	0,110	0,020	0,350	0,820	0,210	0,320	1,240
Total	7,683	6,176	2,740	6,869	4,280	3,066	0,340	7,392
Plásticos	31,154							

Em relação à entrada mensal de embalagens no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em Maio de 2010 (o mês da realização da experiência), a sua quantidade foi de 11 060 kg (Tabela 35).

Utilizando os resultados da Tabela 39 e os resultados da Tabela 40, podemos extrapolar a quantidade de resíduos de plástico (subdivididos nos 7 tipos diferentes de plásticos existentes) e de metal para o total da população residente no concelho de Nordeste que, segundo o registo estatístico de 2008, apontava para os 5 307 habitantes. É calculado numa primeira fase a quantidade de resíduos de plástico e metal para o total da população em 15 dias (duração da experiência) e numa segunda fase para o total da população em 31 dias (1 mês – Maio) (Tabela 41).

Tabela 40: Entrada mensal de resíduos no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em 2010 (^a Ferro velho; ^b Pneus.) (Fonte: Nordeste Activo, E.M., 2010).

Mês	Recolha Selectiva – entrada mensal de 2010 (kg)				Indiferenciada (kg)	Ecocentros – entrada mensal de 2010 (kg)			
	Vidro	Papel	Embalagens	Soma	Indiferenciados	REEE.	Monstros ^a	Outros ^b	Plásticos agrícolas
Janeiro	13 210	12 290	7 410	32 910	116 530	4 900	3 400	2 930	11 120
Fevereiro	14 350	10 270	9 030	33 650	109 900	3 500	5 470	1 600	6 820
Março	16 360	12 470	9 820	38 650	112 710	5 100	5 140	2 180	11 250
Abril	17 650	14 770	11 290	43 710	120 840	2 950	3 950	2 400	10 370
Maio	20 320	13 070	11 060	44 450	125 520	4 570	5 030	7 290	6 920

Os resíduos de embalagens produzidos num mês e para o total da população foram 8,81 toneladas. Destes, 7,12 toneladas foram plásticos. No que diz respeito aos plásticos, para os de tipo PETE foram produzidos 1,76 toneladas, para os de tipo HDPE foram produzidos 1,41 toneladas, para os de tipo PVC foram produzidos 0,63 toneladas, para os de tipo LDPE foram produzidos 1,57 toneladas, para os de tipo PP foram produzidos 0,98 toneladas, para os de tipo PS foram produzidos 0,70 toneladas e para os de tipo Outros foram produzidos 0,08 toneladas. Já o metal produzido foi 1,69 toneladas.

Tabela 41: Resíduos produzidos num mês pelas famílias que participaram na experiência.

Dias	Plástico (kg)							Metal (kg)
	1 (PETE)	2 (HDPE)	3 (PVC)	4 (LDPE)	5 (PP)	6 (PS)	7 (Outros)	
15	849,452	682,834	302,941	759,454	473,208	338,985	37,591	817,278
31	1 755,534	1 411,190	626,078	1 569,538	977,963	700,569	77,688	1 689,041
Total (31 dias)	7 118,56							1 689,041

Conclui-se que, não obstante o curto período de observação, o total de resíduos de embalagens produzidos num mês, 81% são plásticos e 19% metais. Considerando que a produção de resíduos depende de variados factores, tais como o nível de vida e hábitos da população, o clima e estação do ano, a comercialização e utilização de novas metodologias de embalagem, o tipo de aglomeração populacional, características socioeconómicas, a eficiência dos sistemas de recolha, entre outros, assume-se que pode haver alguma variação em relação ao valor acima estimado.

Seguindo o mesmo raciocínio, pode-se estimar que em 100% de plásticos produzidos num mês, que 24,7% correspondem a PETE, 22,0% a LDPE, 19,8% a HDPE, 13,8% a PP, 9,8% a PS, 8,8% a PVC e 1,1% a Outros.

O total de resíduos de embalagens (plástico e metal) para o total da população em 31 dias foi de 8 807,6 kg (8,81 toneladas). Mas de acordo com a entrada mensal de resíduos no aterro sanitário de São Pedro Nordestinho em Maio de 2010 (Tabela 40), o total de resíduos de embalagens foi de 11 060 kg (11,06 toneladas). Há uma diferença de 2 252,4 kg (2,25 toneladas). Esta diferença pode atribuir-se à fracção das embalagens “Tetra Pak” (e.g. sumos, leite).

7. Aplicação do Modelo de Avaliação do Desempenho Ambiental ao caso de estudo de Nordeste

7.1. Introdução

O Modelo de Avaliação do Desempenho Ambiental utilizado foi o Integrated Solid Waste Management (ISWM) (EPIC, 2002). Existem outros modelos de Análise do Ciclo de Vida dedicados à gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos. Winkler e Bilitewski (2007) analisaram e compararam alguns destes modelos.

A inventariação do Ciclo de Vida dos Resíduos Sólidos Urbanos a partir do Modelo ISWM faz-se recorrendo ao cálculo das emissões do sistema a partir do conhecimento das quantidades de Resíduos Sólidos Urbanos processadas, da energia consumida e dos respectivos factores de conversão, determinando-se, a partir destes dados, o valor das Categorias de Impacte Ambiental pré-seleccionadas.

Após a definição das Categorias de Impacte Ambiental, estruturam-se e sistematizam-se os procedimentos e mecanismos de recolha e transferência, entre as várias entidades intervenientes, da informação de base necessária ao seu cálculo.

A Avaliação do Impacte Ambiental (AIA) pressupõe a redução da informação do Inventário do Ciclo de Vida a um conjunto limitado de informação. A classificação/caracterização dos impactes ambientais tem como principal objectivo a quantificação do contributo das diversas operações do Sistema para as Categorias de Impacte Ambiental seleccionadas.

Neste Modelo de Avaliação do Desempenho para Sistemas de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos e, para efectuar a Avaliação do Desempenho Ambiental, foram apenas utilizados os dados relativos aos resíduos produzidos no concelho de Nordeste durante o mês de Maio de 2010 (Tabela 40).

O modelo pode ser aberto da mesma forma como um arquivo ExcelTM. A página de abertura (Figura 27) tem, no canto inferior esquerdo, os seguintes três botões:

- “Quem”, que fornece uma breve descrição do modelo;
- “Executar um novo cenário”, que permite ao utilizador começar a inserir dados;

- “Fim da sessão e salvar”, que salva os dados que foram inseridos no modelo até aquele ponto e fecha o modelo.

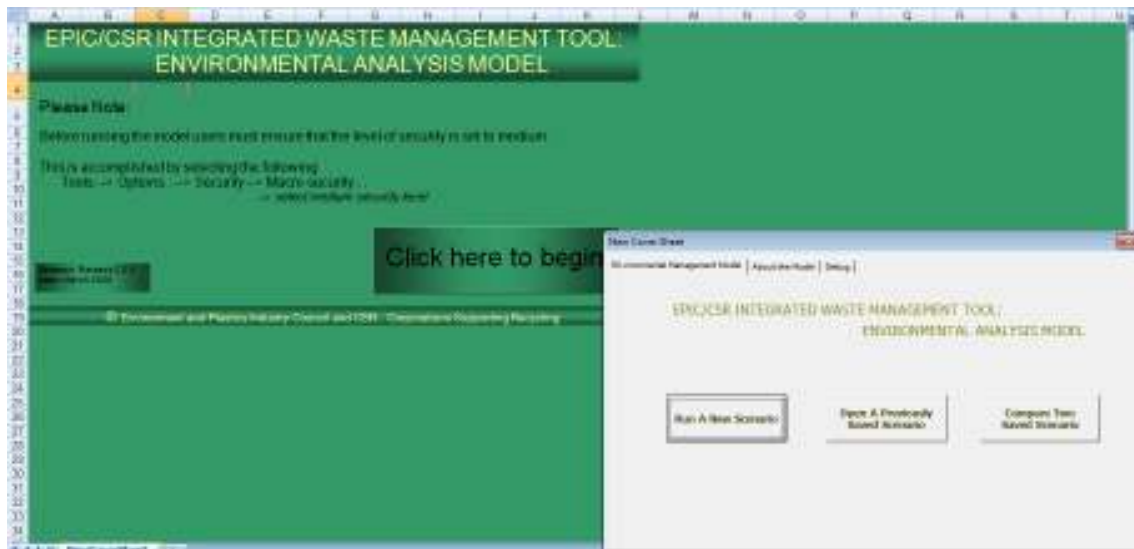


Figura 27: Página inicial do Modelo ISWM.

O modelo contém dez páginas principais de introdução de dados (de A a J), como se segue:

- Página A – Quantidade e composição dos resíduos
- Página B – Fluxo dos resíduos
- Página C – Colecta do lixo
- Página D – Selecção da rede eléctrica
- Página E – Reciclagem
- Página F – Mecanismo de recuperação de materiais
- Página G – Compostagem
- Página H – Aplicação no solo
- Página I – Energia dos resíduos
- Página J – Deposição em aterro

7.2. Inserção de dados

7.2.1. Produção de resíduos e sua composição

A página “A” pede que o utilizador digite a quantidade total de resíduos recolhidos (materiais recicláveis, orgânicos e lixo) e a composição do fluxo total de resíduos (Figura 28). O modelo contém uma composição padrão de resíduos. A composição padrão de resíduos pode ser substituída se o utilizador tiver dados relativos à composição dos resíduos no local específico. O modelo aplica o padrão ou dados especificados pelo utilizador à quantidade determinada de resíduos para estimar a quantidade de cada componente de resíduos no fluxo do sistema de gestão de resíduos. Dado que a quantidade e composição dos resíduos é elevadamente dependente dos programas em vigor num determinado município (*e.g.* compostagem caseira, proibição de relva), é fortemente recomendado que, sempre que possível, dados relativos à composição dos resíduos no local específico sejam utilizados.



Figura 28: Página A do Modelo ISWM.

Dos resíduos produzidos em Maio de 2010 no concelho de Nordeste e, em relação à página A do Modelo, os monstros foram incluídos em “ferrous metals”, o metal em “aluminum” e o campo “other waste” incorpora os REEE. (4,57) + outros (7,29) + plásticos agrícolas (6,92) + indiferenciados (125,52) + embalagens que não têm campo atribuído neste modelo (2,32) = 146,62 toneladas de outros resíduos.

7.2.2. Fluxo de resíduos

A página “B” exige que o utilizador insira os seguintes dados do fluxo de resíduos:

- Quantidade de resíduos enviados para a reciclagem: deve ser inserida a quantidade de resíduos recolhidos para reciclagem;
- Quantidade de resíduos enviados para a compostagem: deve ser inserida a quantidade de resíduos recolhidos para a compostagem;
- Quantidade de resíduos enviados para aplicação no solo: deve ser inserida a quantidade de resíduos de jardim (pequeno troncos, folhas, relva) que é aplicado directamente à terra;
- Quantidade de resíduos enviados para a recuperação de energia: deve ser inserida a quantidade de resíduos enviados para a valorização energética;
- Quantidade de resíduos enviados para aterro sanitário: deve ser inserida a quantidade de resíduos enviados para aterro (excluindo os resíduos provenientes de processos de recuperação que serão abordados mais à frente).

É importante assegurar que a soma dos valores inseridos para os itens acima descritos é igual à quantidade total de resíduos especificados na página “A”. Se tal não acontecer, aparecerá uma mensagem alertando o utilizador para a discrepância. O utilizador poderá então premir em “ok” e fazer correcções nos valores introduzidos na página “B” (Figura 29) ou voltar à página “A” para corrigir a quantidade de resíduos inseridos, premindo o botão “voltar”.



Figura 29: Página B do Modelo ISWM.

Em relação à página B do Modelo, a quantidade de resíduos enviados para reciclagem em Maio de 2010 no concelho de Nordeste foi de 193,78 toneladas (Tabela 40).

7.2.3. Recolha e transporte

A página “C” (Figura 30) exige os seguintes dados sobre a recolha e transporte de resíduos no sistema a ser modelado:

- Distância percorrida pelos veículos de recolha: deve ser estimada e inserida a distância total que os veículos de recolha percorrem para recolher a quantidade de lixo, materiais recicláveis e resíduos de jardim especificados na página “A” e “B”;
- Tipo de combustível: o utilizador pode seleccionar se os veículos são a diesel ou a gás natural;
- Eficiência do combustível: o utilizador pode especificar a eficiência do combustível dos veículos de recolha e transporte. A rota da recolha está definida para incluir entrega a uma estação de transferência ou instalação de gestão de resíduos.
- Estação de transferência: o utilizador é obrigado a indicar se alguns dos fluxos de resíduos são encaminhados para uma unidade de gestão de resíduos

(instalação de recuperação de materiais, instalação de compostagem, instalação de recuperação de energia ou aterro), através de uma estação de transferência. Se o utilizador escolher “não”, irá para a página “D”.

Caso o “sim” seja seleccionado, será então exibida uma sub-página com o nome de “transferência e transporte”, exigindo os seguintes dados:

- Energia consumida nas operações da estação de transferência: a quantidade de gásóleo e de electricidade consumida pelas operações da estação de transferência deve ser especificado. Os valores padrão são fornecidos;
- Estação de transferência: os fluxos de resíduos encaminhados através de uma estação de transferência devem ser seleccionados;
- Distância da estação de transferência para a instalação de recuperação de energia: a distância da rota de resíduos da estação de transferência para a instalação de recuperação de energia deve ser inserida. Se nenhum resíduo é enviado para uma a instalação de recuperação de energia ou, se esse fluxo não é não passa através de uma estação de transferência, então, um valor de “0” deve ser introduzido;
- Distância da estação de transferência do aterro: a distância da rota de resíduos da estação de transferência para o aterro deve ser inserida. Se nenhum resíduo é enviado para um aterro ou, se este fluxo não passa através de uma estação de transferência, então, um valor de “0” deve ser introduzido;
- Distância da estação de transferência para a instalação de recuperação de materiais: a distância da rota de resíduos da estação de transferência para a instalação de recuperação de materiais deve ser inserida. Se nenhum resíduo é enviado para uma instalação de recuperação de materiais ou, se este fluxo não passa através de uma estação de transferência, então, um valor de “0” deve ser introduzido;
- Distância da estação de transferência para a unidade de compostagem: a distância da rota de resíduos da estação de transferência para a unidade de compostagem deve ser inserida. Se nenhum resíduo é enviado para uma unidade

de compostagem ou, se este fluxo não passa através de uma estação de transferência, então, um valor de “0” deve ser introduzido.



Figura 30: Página C do Modelo ISWM.

Em relação à página C do Modelo, no campo da distância percorrida, para “garbage trucks” foi considerado o veículo de recolha indiferenciada com o valor de 1 200 km (tabela 31) e, para “recycling trucks” foi considerado o veículo de recolha selectiva com o valor de 1 695 km (tabela 32). Já no campo da eficiência do combustível, para “collection trucks” foi considerado o veículo de recolha selectiva com o valor de 0.37 km/litro (tabela 32) e, para “transport trucks” foi considerado o veículo de recolha indiferenciada com o valor de 0.49 km/litro (tabela 31).

7.2.4. Selecção da rede eléctrica

A página “D” permite ao utilizador seleccionar a combinação de métodos utilizados para produzir a electricidade que é utilizada pelos processos de gestão de resíduos analisados pelo modelo (Figura 31). Os utilizadores têm a opção de escolher a combinação de métodos de geração de energia utilizada em uma das dez províncias Canadianas, ou a mistura da média dos métodos de geração de energia utilizada nos Estados Unidos (Tabela 42). Alternativamente, o utilizador pode especificar uma tabela personalizada, seleccionando a opção “custom” no canto inferior direito da página “D”.

Tabela 42: Definições do Modelo para a grelha eléctrica (Fonte: EPIC/CSR Integrated Solid Waste Management Tools: Project Report).

Canada	Carvão	Gás natural	Petróleo	Hidroeléctrica	Nuclear	Outra
Alberta	85,8%	8,1%	0,3%	4,4%	-	1,5%
British Columbia	-	3,6%	1,1%	92,6%	-	2,8%
Manitoba	0,7%	0,0%	0,3%	99,0%		0,0%
New Brunswick	24,3%	-	21,1%	22,7%	29,5%	2,4%
Newfoundland	-	-	4,0%	96,0%	-	-
Nova Scotia	78,8%	-	8,5%	11,3%	-	1,5%
Ontario	14,1%	4,9%	0,4%	28,0%	52,3%	0,3%
Prince Edward Island	-	-	100,0%	-	-	-
Quebec	-	0,0%	0,5%	96,5%	3,1%	-
Saskatchewan	53,4%	3,9%	16,4%	26,4%	-	-
United States						
U.S National Grid	56,7%	9,8%	2,9%	8,6%	22,1%	-

Se a opção “custom” for seleccionada, será então exibida uma sub-página com o nome de “modelo do Ciclo de Vida”, permitindo que o utilizador digite a percentagem de energia gerada por cada um dos seguintes métodos: carvão, gás natural, gasóleo e petróleo, hidroeléctrica e nuclear.

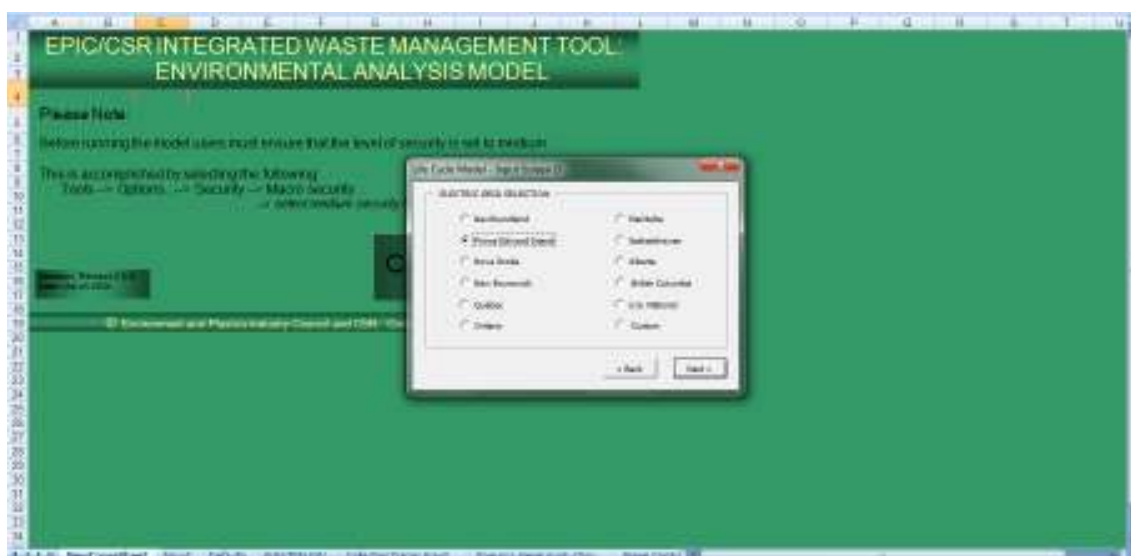


Figura 31: Página D do Modelo ISWM.

Em relação à página D do Modelo, foi escolhida a opção “Prince Edward Island” pois, de acordo com a Tabela 42, a totalidade da energia eléctrica provém do petróleo, o que equivale à realidade do aterro sanitário do concelho de Nordeste.

7.2.5. Reciclagem

A página “E” só irá aparecer se o utilizador tiver digitado um número maior que zero na opção “quantidade de resíduos reciclados” (página “B” – item 1) (Figura 32). Caso contrário, o modelo irá automaticamente saltar esta página e a página seguinte (“F”), pois precisa dos dados das operações da instalação de recuperação de materiais. Se o sistema de gestão de resíduos que se encontra a ser modelado inclui um componente de reciclagem, ao utilizador é pedido que insira os seguintes dados nesta página:

- Recicláveis recolhidos: o total de toneladas de resíduos recolhidos para a reciclagem inserido na página “B”;
- Percentagem de recuperação: para cada material, a percentagem da quantidade total do material no fluxo de resíduos que é capturado pelo programa de reciclagem deve ser inserido.



Figura 32: Página E do Modelo ISWM.

Em relação à página E do Modelo, embora se tenha definido que a totalidade dos resíduos produzidos em Maio de 2010 no concelho de Nordeste foi enviada para reciclagem (193,78 toneladas), este apenas considera os resíduos do papel (13,07 toneladas), aço/ferro (5,03 toneladas), alumínio (1,69 toneladas), vidro (20,32 toneladas) e plásticos (7,05 toneladas) como os recicláveis. Sendo que estes resíduos correspondem a apenas 47,16 toneladas, o modelo assume que as restantes 146,62 toneladas, classificadas como “outros resíduos” na página A do modelo (figura 28), são colocadas em aterro.

7.2.6. Unidade de recuperação de materiais

A página “F” só irá aparecer se o utilizador tiver digitado um número maior que zero na opção “quantidade de resíduos reciclados” (página “B” – item 1) (Figura 33). Caso contrário, o modelo irá automaticamente saltar esta página e a página seguinte (“G”). Ao utilizador é pedido que insira os seguintes dados nesta página:

- Consumo de energia: a electricidade e o gás natural consumido pela instalação de recuperação de materiais devem ser inseridos. Esta informação pode ser obtida directamente a partir das facturas da unidade. Se os dados não estão disponíveis, o modelo fornece, automaticamente, valores padrão de 25 kWh/t para a electricidade e de 0.264m³/tonelada para o gás natural. Estes podem ser substituídos quando necessário;
- Percentagem de resíduos: a percentagem de resíduos pode ser calculada da seguinte forma:

a triagem de resíduos (toneladas/ano) dividido pelo total de material recebido (toneladas/ano) e multiplicado por 100 é igual à percentagem de resíduos.

O modelo fornece um valor padrão de 5%, o que pode ser substituído quando necessário;
- Gestão de resíduos: o utilizador deve indicar se a triagem de resíduos são enviados para um aterro sanitário ou para um incinerador;
- Distância para a instalação de reprocessamento: a distância para a instalação de reprocessamento de cada material recuperado deverá ser inserida em km;

- Distância da instalação de recuperação de materiais para aterro/incinerador: a distância que os resíduos da triagem em instalação de recuperação de materiais têm que ser transportados para um aterro sanitário ou incinerador deve ser inserida em km. Como normalmente os veículos voltam vazios, devem ser inseridas distâncias de ida e volta.

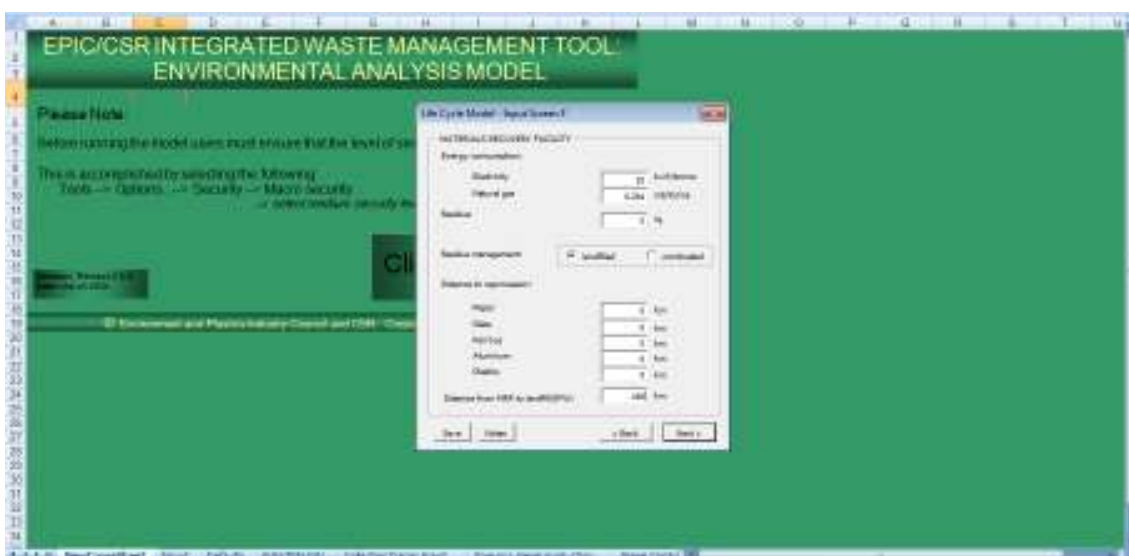


Figura 33: Página F do Modelo ISWM.

Em relação à página F do Modelo, como não existiam dados sobre o consumo de energia, foram assumidos os valores padrão indicados pelo modelo para os campos da electricidade, gás natural e percentagem de resíduos.

Como anteriormente explicado, os resíduos sólidos urbanos provenientes da recolha selectiva dão entrada no aterro de Nordeste, sendo posteriormente transportados para o ecocentro em Ponta Delgada. Este ecocentro encontra-se a aproximadamente 80 km de distância do aterro de Nordeste. Como anteriormente mencionado, “como normalmente os veículos voltam vazios, devem ser inseridas distâncias de ida e volta”, foi colocado o valor de 160 km na opção “distância da instalação de recuperação de materiais para aterro”.

7.2.7. Compostagem

A página “G” só irá aparecer se o utilizador tiver digitado um número maior que zero na opção “quantidade de resíduos de compostagem” (página “B” – item 2). Caso contrário,

o modelo irá automaticamente saltar esta página e a página seguinte (“H”). Se o sistema de gestão de resíduos que se encontra a ser modelado inclui um componente de compostagem, ao utilizador é pedido que insira os seguintes dados nesta página:

- Compostagem (toneladas): o “total de toneladas de compostagem” que foram inseridos na página “B” – item 2, irá aparecer automaticamente no topo da página;
- Subdivisão: é necessário subdividir, em toneladas, os materiais enviados para a compostagem. As categorias de materiais considerados são: papel, resíduos alimentares e resíduos de jardim;
- Composição dos resíduos de jardim: neste item, resíduos verdes necessitam ser subdivididos em toneladas de folhas, relva e materiais de jardim;
- Distância da unidade de compostagem para o aterro: a distância que o composto de resíduos é transportado para eliminação deve ser inserida em km. Como normalmente os veículos voltam vazios, devem ser inseridas distâncias de ida e volta;
- Consumo de energia: o utilizador pode especificar que tipo de compostagem é praticado. O modelo requer informações sobre a quantidade de energia utilizada para processar a quantidade especificada de resíduos (em relação ao consumo de electricidade e diesel) na unidade de compostagem. Esta informação pode ser obtida directamente das facturas da unidade. Se os dados não estão disponíveis, o modelo fornece, automaticamente, valores padrão para os dois tipos de compostagem descritos. Estes podem ser substituídos quando necessário.

Em relação à página G do Modelo, como não foi colocada a opção “quantidade de resíduos de compostagem” (página “B” – item 2), esta não foi assumida pelo modelo.

7.2.8. Aplicação no solo

A página “H” só irá aparecer se o utilizador tiver digitado um número maior que zero na opção “quantidade de resíduos para aplicação no solo (página “B” – item 3). Caso contrário, o modelo irá automaticamente saltar esta página e a página seguinte (“I”). Se

o sistema de gestão de resíduos que se encontra a ser modelado inclui um componente de aplicação no solo, ao utilizador é pedido que insira os seguintes dados nesta página:

- Resíduos verdes aplicados no solo: a “quantidade total de resíduos aplicados no solo” que foram inseridos na página “B” – item 3, irá aparecer automaticamente no topo da página;
- Composição dos resíduos de jardim: é necessária a subdivisão dos resíduos verdes aplicados no solo em toneladas de folhas e toneladas de material de jardim;
- Consumo de energia: a electricidade e diesel consumidos anualmente em operações de corte dos resíduos verdes devem ser inseridos.

Em relação à página H do Modelo, como não foi colocada a opção “quantidade de resíduos para aplicação no solo (página “B” – item 3), esta não foi assumida pelo modelo.

7.2.9. Energia de resíduos

A página “I” só irá aparecer se o utilizador tiver digitado um número maior que zero na opção “quantidade total de resíduos para a instalação de recuperação de energia (página “B” – item 4). Caso contrário, o modelo irá automaticamente saltar esta página e a página seguinte (“J”). Se o sistema de gestão de resíduos que se encontra a ser modelado inclui um componente de energia de resíduos, ao utilizador é pedido que insira os seguintes dados nesta página:

- Quantidade de resíduos para a instalação de recuperação de energia: a “quantidade total de resíduos para a instalação de recuperação de energia” que foram inseridos na página “B” (item 4) irá aparecer automaticamente no topo da página;
- O utilizador deve indicar se a energia recuperada é sob a forma de electricidade, vapor ou ambas.

- A eficiência da recuperação de energia: o utilizador deve especificar a eficiência da recuperação de energia conseguida nas instalações. A eficiência energética é definida como a energia recuperada dividida pelo conteúdo total de energia dos resíduos recebidos nas instalações. Valores padrão são fornecidos, e variam dependendo da forma de recuperação de energia especificada. Para a produção de electricidade, é exibido um valor padrão de eficiência energética de 20%. Para a produção de vapor, a eficiência padrão é de 70%; e a eficiência padrão para a produção de ambas é de 75%. Os valores padrão podem ser substituídos quando necessário;
- Consumo de energia: o consumo de electricidade e de gás natural por tonelada de resíduos recebidos nas instalações de recuperação de energia deve ser inserido. Esta informação pode ser obtida directamente das facturas e recibos da unidade. Se os dados não estão disponíveis, o modelo fornece, automaticamente, valores padrão de 70 kWh/t. Os valores padrão são inseridos automaticamente e podem ser substituídos quando necessário;
- Cinzas: ao utilizador é perguntado se sabe qual a quantidade de cinzas que é ou seria gerada pela energia na unidade de resíduos. Se a resposta for “não”, o modelo irá automaticamente estimar a quantidade de cinzas resultantes da composição de resíduos encaminhados para a instalação de recuperação de energia, os conteúdos das cinzas dos diferentes materiais e as quantidades de reagentes, tais como o calcário e carvão activado, que são adicionados ao equipamento de controlo da poluição atmosférica de fábricas modernas de recuperação de energia. Se o utilizador selecciona “sim”, a quantidade total de cinzas geradas pela quantidade de resíduos dos quais a energia é recuperada deve ser inserida nas caixas apropriadas;
- Distância transportada das cinzas em suspensão: cinzas em suspensão produzidas pela unidade de recuperação de energia são tipicamente consideradas como resíduos perigosos. São, portanto enviadas para um aterro de resíduos perigosos ou a um processo de tratamento físico-químico para estabilização antes da deposição em aterro de resíduos não perigosos. A distância total que as cinzas em suspensão são transportadas deve ser estimada em quilómetros e inserida. Se as cinzas estão estabilizadas antes da deposição em aterro, o consumo de energia associado ao processo de tratamento físico-químico deve ser

estimado e adicionado ao consumo de energia por tonelada de resíduos (ver ponto acima);

- Distância transportada das cinzas no solo: cinzas no solo produzidas pela unidade de recuperação de energia são tipicamente consideradas não perigosas. São, pois, geralmente enviadas para um aterro de resíduos urbanos. A distância total que as cinzas no solo são transportadas deve ser estimada e inserida;
- Inserir contaminantes do ar: seleccionar o botão “ inserir contaminantes do ar” exibe uma sub-página com o nome de “quantidade de emissões de poluentes aéreos da instalação de recuperação de energia” que permite ao utilizador visualizar e alterar os valores padrão de concentrações de emissões da instalação de recuperação de energia usados pelo modelo. Os valores padrão são para incineradores novos de combustão de resíduos sólidos urbanos. Estes podem ser substituídos quando necessário. Note-se que todas as concentrações das emissões são expressas “por metro cúbico de referência”. Condições de referência são 11% de oxigénio, 25⁰C, 1 atmosfera, base seca. Todos os dados específicos do local devem ser convertidos para estas condições. Adicionalmente, as concentrações de emissão de dioxinas devem ser expressas em tóxicos equivalentes (TEQ). Se o botão “ inserir contaminantes do ar” não for seleccionado, o botão “próximo” leva o utilizador para a página “J”.

Em relação à página I do Modelo, como não foi colocada a opção “quantidade total de resíduos para a instalação de recuperação de energia (página “B” – item 4), esta não foi assumida pelo modelo.

7.2.10. Deposição em aterro

A página “J” irá sempre aparecer pois, mesmo para um sistema onde todos os resíduos recolhidos são enviados para uma unidade de recuperação de energia, presume-se que os resíduos da compostagem, o reprocessamento de materiais recuperados e as cinzas são enviados para um aterro sanitário (Figura 34). Ao utilizador é pedido que insira os seguintes dados:

- Recuperação de gases: ao utilizador é pedido que indique se o aterro dentro do sistema modelado possui ou não um sistema de recuperação de gases. Se o utilizador indicar que existe um sistema de recuperação de gases, pode ser inserida a sua eficiência de recuperação. Um valor padrão de 50% é fornecido;
- Recuperação de energia: ao utilizador é pedido que indique se a energia se encontra a ser recuperada a partir do gás colectado do aterro sanitário. Se o utilizador indicar que a energia é recuperada do gás do aterro sanitário, pode ser inserida a sua eficiência de recuperação. Um valor padrão de eficiência de recuperação de energia de 30% é fornecido;
- Precipitação anual: ao utilizador é pedido que insira a precipitação média anual. Esta informação é usada pelo modelo para estimar a quantidade de chorume produzido pelos resíduos;
- Eficiência na colecta de lixiviados: ao utilizador é pedido que insira a eficiência da colecta de chorume alcançada no aterro sanitário. A eficiência da colecta de chorume dependerá do facto de o aterro sanitário ter um forro e se os lixiviados são recolhidos. O valor padrão para a eficiência da colecta de chorume depende da escolha das seguintes três opções pelo utilizador:
 - o aterro é forrado e tem um sistema de recolha de lixiviados (valor padrão da eficiência de colecta de 90%);
 - o aterro não é forrado e tem um sistema de recolha de lixiviados (valor padrão da eficiência de colecta de 30%);
 - o aterro não é forrado e não tem nenhum sistema de recolha de lixiviados (valor padrão da eficiência de colecta de 0%).

Os valores padrão podem ser substituídos quando necessário.

- Consumo de energia: o diesel, electricidade e gás natural consumido por tonelada de resíduos recebidos para as operações de deposição devem ser inseridos. Se o utilizador não tiver dados disponíveis, o modelo fornece os seguintes valores padrão: 0,22 litros de diesel; 0,028 m³ de gás natural; 0,29 kwh/t de electricidade. Os valores padrão são inseridos automaticamente e podem ser substituídos quando necessário.



Figura 34: Página J do Modelo ISWM.

Em relação à página J do Modelo, esta aparece pois o modelo assume que os resíduos do papel, aço/ferro, alumínio, vidro e plásticos são os recicláveis (Figura 32), e que os “outros resíduos” (Figura 28) são colocadas em aterro. Como não existiam dados sobre a eficiência da colecta de lixiviados, nem da energia consumida pelas operações de aterro, foram assumidos os valores padrão indicados pelo modelo.

A página “J” é a última do modelo. Se o utilizador estiver satisfeito com os dados inseridos, este deve seleccionar o botão “Terminar” na parte inferior da página “J” para indicar que a inserção de dados está completa.

O modelo irá, então, processar os dados e produzir um documento final (Tabelas 43 e 44).

Tabela 43: Módulos ambientais finais – componentes do sistema de gestão de resíduos.

	RECICLAGEM						DEPOSIÇÃO EM ATERRO		
	Recolha & Transporte	Instalação de recuperação de materiais	Reprocessamento	Total Reciclado	Produção de uma quantidade equivalente de material virgem	Consumo de energia/ Emissões	Recolha	Deposição em aterro	Consumo de energia/ Emissões
<i>Energia Consumida (GJ)</i>	2	555	492	1.049	-1.509	-460	1	1.013	1.015
<i>Efeito de Estufa</i>									
- CO ₂ (t)	0	96	11	107	-51	56	0	54	54
- CH ₄ +NO _x (t)	0,00	0,06	0,1	0,1	-0,4	-0,3	0,001	0	0
- Equivalentes de CO ₂ (t)	1	105	35	140	-124	16	0	126	127
<i>Acidificação</i>									
- NO _x (t)	0,0	0,0	0,1	0,1	-0,2	-0,1	0,0	0,22	0,22
- SO ₂ (t)	0,0	0,0	0,1	0,1	-0,4	-0,2	0,0	0,17	0,17
- HCl (t)	0,000	0,00	0,0	0,0	-2,8	-2,8	0,000	0,01	0,01
<i>Smog Fotoquímico</i>									
- NO _x (t)	0,0	0,0	0	0,1	-0,2	-0,1	0,0	0,22	0,22
- PM (t)	0,0	0,0	0	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,1	0,12
- VOCs (t)	0,0	0,01	0	0,1	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,06
<i>Toxicidade Humana</i>									
- Ar									
Pb (kg)	0,00	0,001	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00	0,008	0,01
Hg (kg)	0,000	0,000	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0000	0,0011	0,001
Cd (kg)	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,0	0,000	0,001	0,00
Dioxinas (TEQ) (g)	0,0000	0,0	0,0000	0,0000	n/a	0,00000	0,00000	0,000	0,000
- Água									
Pb (kg)	0,0	0,0	0	0	-0,13	0,0	0,00	0,15	0,1
Hg (kg)	0,0000	0,0001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd (kg)	0,00	0,000	0,0	0,0	-0,01	0,0	0,00	0,02	0,0
CBO (kg)	0,00	0,00	46	46	-33	13	0	120	120
Dioxinas TEQ (mg)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0,00000	n/a	0,00000	0,00000

Tabela 44: Inventário ambiental – sistema de gestão dos resíduos sólidos urbanos (MSW) (^a A quantidade de resíduos geridos foi arredondada (+/- 17 toneladas); ^b GJ = gigajoule (10⁹ J)).

	Reciclagem	Deposição em Aterro	Sistema de Gestão Total de Resíduos	Produção de uma quantidade equivalente de material virgem	Reprocessamento de materiais reciclados	Inventário de Ciclo de Vida
<i>Toneladas Geridas^a</i>	47	147	194			
<i>Energia Consumida (GJ)^b</i>	557	1.015	1.572	-1.509	492	554
<i>Gases de Efeito de Estufa</i>						
- CO ₂ (t)	96	54	150	-51	11	110
- CH ₄ + NOx (t)	0,1	0	0	-0,4	0,1	0
- Equivalentes de CO ₂ (t)	106	127	232	-124	35	143
<i>Gases Acidificantes</i>						
- NOx (t)	0,03	0,22	0,25	-0,2	0,1	0,1
- SO ₂ (t)	0,01	0,17	0,18	0	0,1	0,0
- HCl (t)	0,000	0,007	0,01	-2,8	0,02	-2,8
<i>Precursores de Smog</i>						
- NOx (t)	0,03	0,22	0,3	-0,2	0,1	0,1
- PM (t)	0,01	0,1	0,1	-0,1	0,0	0,1
- VOCs (t)	0,01	0,1	0,1	-0,2	0,1	0,0
<i>Metais e Compostos Orgânicos</i>						
- Ar						
Pb (kg)	0,001	0,01	0,0	-0,01	0,00	0,0
Hg (kg)	0,000	0,001	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd (kg)	0,000	0,001	0,00	0,00	0,00	0,00
Dioxinas (TEQ) (g)	0,0000	0,000	0,000	n/a	0,0000	0,000
- Água						
Pb (kg)	0,005	0,15	0,15	-0,1	0,1	0,14
Hg (kg)	0,0001	0,000	0,000	0,00	0,00	0,000
Cd (kg)	0,000	0,02	0,02	0,0	0,01	0,016
CBO (kg)	0,00	120	120	-33	46	134
Dioxinas (TEQ) (g)	n/a	0,00000	0,00000	n/a	n/a	0,00000
Resíduos Indiferenciados (t)	2	147	149	-11	4	142

Os valores positivos indicam a energia consumida ou emissão libertada. Valores negativos indicam a recuperação de energia ou redução de emissões.

7.3. Discussão dos resultados

A aplicação da metodologia proposta ao caso de estudo, permitiu produzir um conjunto de dados (ICV), os quais contemplam a energia consumida, gases de efeito de estufa, gases acidificantes, precursores de *smog*, metais e compostos orgânicos e resíduos indiferenciados.

Quanto à sua composição, o biogás é constituído por uma série de gases que se apresentam em maiores ou menores proporções, sendo o metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂) os de maior representação em termos do volume gerado durante a vida do aterro. A Tabela 45 apresenta a composição típica dos gases gerados num aterro sanitário, de onde se pode observar que cerca de 90% dos gases gerados são representados por CH₄ e CO₂, sendo o restante um conjunto de outros gases, designados como secundários (O₂ e N₂, entre outros).

Tabela 45: Constituição típica do biogás de aterros sanitários Fonte: (Parker, 1983).

Componente	Volume (%)
Metano (CH ₄)	47,5
Dióxido de Carbono (CO ₂)	47,0
Nitrogénio (N ₂)	3,7
Oxigénio (O ₂)	0,8
Hidrocarbonetos	0,3
Hidrogénio (H ₂)	0,1
Monóxido de Carbono (CO)	0,1
Gases secundários	0,5

Dos parâmetros ambientais descritos no documento final do Modelo aplicado, vários efeitos podem ser considerados (Tabelas 43 e 44):

➤ Consumo de energia

Quando a energia é produzida a partir de combustíveis fósseis (*e.g.* gás natural, carvão, óleo, gasolina), o consumo de energia esgota os recursos energéticos

não-renováveis do planeta. A energia é consumida em todo o sistema de gestão de resíduos. A produção, entrega e combustão dos combustíveis e da electricidade utilizada no sistema de gestão de resíduos resulta em impactos no Ciclo de Vida. A energia também pode ser produzida a partir dos resíduos, quer directamente, numa instalação de recuperação de energia ou através da colecta e uso de gás no aterro.

O sector energético é a principal fonte de gases de efeito de estufa em Portugal (25% do total emitido em 2004), que corresponde fundamentalmente à queima de combustíveis fósseis. As quantidades de poluentes atmosféricos emitidas pelo sector energético, nomeadamente dióxido de carbono (CO₂), dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos de azoto (NO_x), variam ao longo dos anos em função de diversos factores (Figura 35) (IA, 2005).

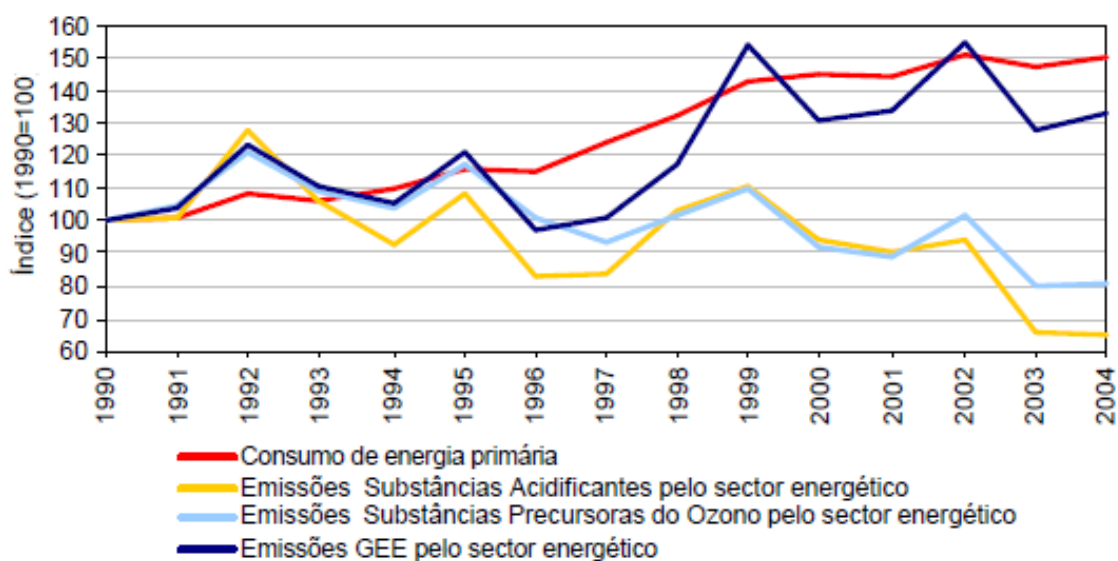


Figura 35: Eco-eficiência do sector energético – produção e transformação de energia (Fonte: IA, 2005).

➤ Gases de efeito de estufa

Existe um consenso geral entre os cientistas de que concentrações crescentes de gases de efeito de estufa na atmosfera estão a provocar mudanças no clima da Terra. O dióxido de carbono e o metano são os dois gases mais importantes. A deposição em aterro de resíduos gera biogás, que contém aproximadamente 50%

de metano e 50% de dióxido de carbono. A combustão ou compostagem aeróbia de resíduos, em contrapartida, resulta na produção de dióxido de carbono. Tanto o dióxido de carbono e o metano são gases de efeito de estufa, no entanto, o metano é um gás de efeito de estufa muito mais potente.

Gases de efeito de estufa são gerados a partir de operações de reciclagem, principalmente pela recolha e transporte de materiais recicláveis e pelo uso de energia em unidades de triagem.

Numa análise por sector, a queima de combustíveis fósseis em actividades relacionadas com a energia é o principal responsável pelas emissões de CO₂, a agricultura e os resíduos pelas emissões de CH₄, e a agricultura pelas emissões de N₂O (Figura 36). Numa análise por gases de efeito de estufa, o CO₂ foi o gás com maiores emissões, representando, em 2004, cerca de 78% do total das emissões, seguido do CH₄ (15%) e do N₂O (7%) (IA, 2005).

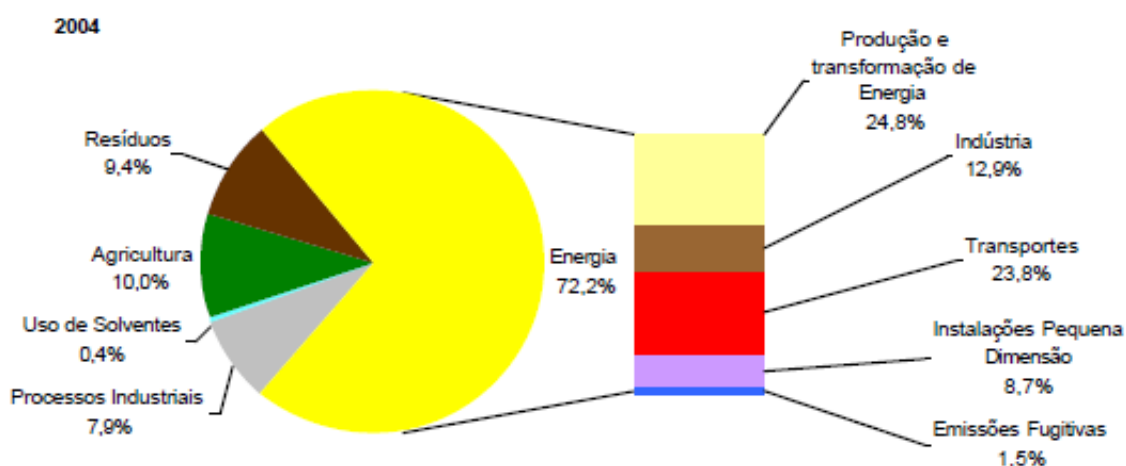


Figura 36: Principais emissões de gases de efeito de estufa (CO₂, CH₄ e N₂O) em 2004, repartidas pelos principais sectores de actividade (Fonte: IA, 2005).

➤ Gases acidificantes (NO_x, SO_x, HCl)

As emissões de gases acidificantes provenientes de várias fontes dissolvem-se na precipitação, aumentando a acidez dos corpos de água superficiais. Emissões de gases acidificantes são produzidas a partir de processos de gestão de resíduos, principalmente como resultado do transporte, consumo de energia e da queima de resíduos e de gás do aterro.

Os sectores de actividade que, em 2004, mais contribuíram para as emissões das substâncias em causa foram a produção e transformação de energia (32%), a indústria (22%) e a agricultura (19%), apesar dos dois primeiros e também os resíduos terem sido aqueles em que a redução das emissões foi mais significativa em relação a 1990 (Figura 38). Fazendo a análise poluente a poluente, verifica-se que o SO₂ e o NO_x foram os principais responsáveis pelas emissões das substâncias acidificantes, com 40% e 37%, respectivamente; o NH₃ contribuiu com 23% para estas emissões (IA, 2005).

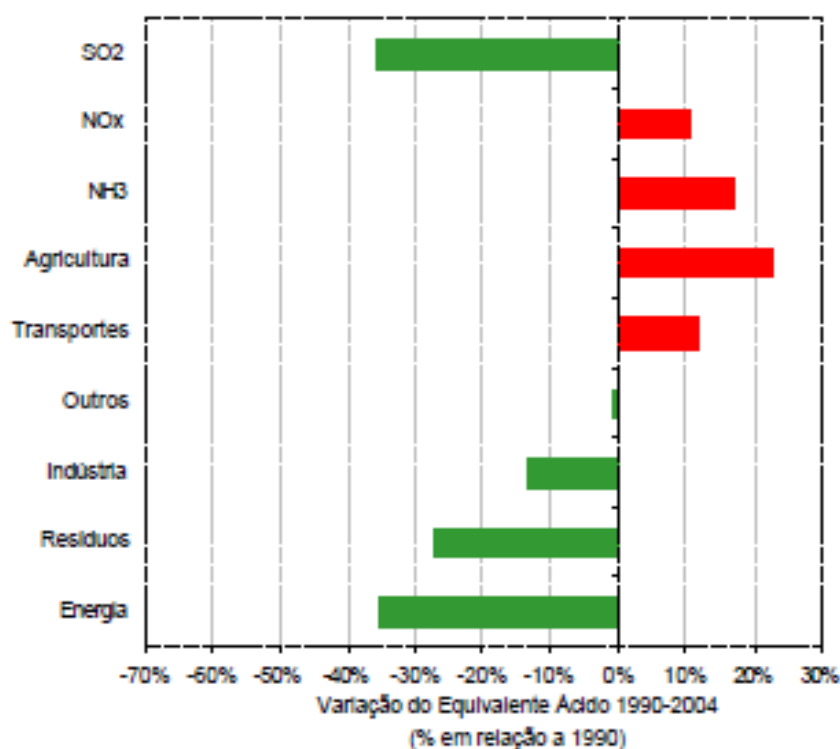


Figura 37: Variação do equivalente ácido entre 1990 e 2004 por poluente e por sector de actividade (Fonte: IA, 2005).

➤ Precusores de smog (NO_x, PM-10, VOCs)

O *Smog* consiste essencialmente em ozono troposférico e partículas inaláveis (PM-10). O ozono troposférico é produzido quando os óxidos de azoto (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (VOCs) reagem no ar, na presença de luz. A reacção entre NO_x e VOCs é mais provável de acontecer se o verão é quente, seco e ensolarado. A biodegradação de resíduos em aterros é uma importante

fonte de VOCs no sistema de gestão de resíduos. As operações de aterro também produzem PM-10. A combustão de resíduos numa instalação de recuperação de energia produz PM-10, VOCs e NO_x.

As principais fontes de emissão de gases precursores do ozono troposférico têm sido os sectores da indústria e dos transportes (Figura 38). Em 2004 estes sectores foram responsáveis por cerca de 68% do total das emissões, sendo que os poluentes que mais contribuíram foram o NO_x e VOCs - com 47% e 42% respectivamente (IA, 2005).

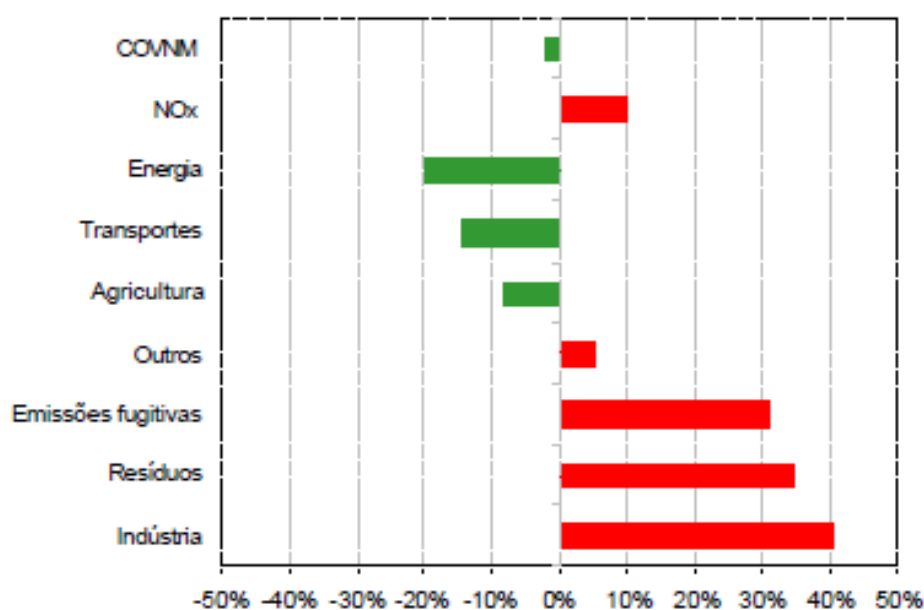


Figura 38: Variação das emissões de substâncias precursoras do ozônio troposférico entre 1990 e 2004 por poluente e por sector de actividade (Fonte: IA, 2005).

➤ Metais (chumbo, mercúrio e cádmio) e compostos orgânicos

Os metais pesados são constituintes naturais da crosta terrestre, estando amplamente espelhados pela natureza. No entanto, alguns metais pesados, são tóxicos em concentrações elevadas e como tendem a acumular-se nos organismos vivos ao longo do tempo, constituem um risco para a saúde humana.

Os metais pesados através de processos naturais de erosão das formações rochosas, são libertados para o ambiente, surgindo nos solos, rios, lagos e mares. Por outro lado, as actividades industriais como a combustão industrial de carvão,

as fundições, incineração de resíduos, contribuem para aumentar as emissões de metais pesados na atmosfera. Os metais pesados, uma vez que não podem ser degradados ou destruídos, são estáveis e contaminantes presentes no ambiente, tendendo a acumular-se nos solos e sedimentos.

➤ Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO ou CBO₅)

A Carência Bioquímica de Oxigénio é um parâmetro de qualidade das águas que mede, indirectamente a quantidade de matéria biodegradável presente, medida através da quantidade de oxigénio consumida em uma amostra devido à acção de microorganismos. CBO₅ significa que o ensaio é efectuado segundo o desenvolvimento dos microorganismos durante 5 dias.

Dentro do sistema de gestão de resíduos, os lixiviados do aterro são uma fonte potencialmente importante de CBO. Embora não tenham sido encontrados dados para os Açores, os valores típicos de CBO₅ em lixiviados para aterros com menos de 2 anos variam entre 2,000 e 30,000 mg/L. O mais comum é o valor ser 10,000 mg/L. Já para aterros com mais de 10 anos, os valores típicos de CBO₅ em lixiviados variam entre 100 e 200 mg/L (Tchobanoglous *et al.*, 1993).

Relacionando os parâmetros ambientais aos valores estimados pelo Modelo (Tabela 44), e assumindo um balanço expresso pela fórmula seguinte:

Inventário do Ciclo de Vida = Sistema de Gestão Total de Resíduos + Reprocessamento de Materiais Reciclados – Produção de uma Quantidade Equivalente de Material Virgem

➤ A quantidade de energia usada para a reciclagem foi de 557 GJ e a usada para a deposição em aterro foi de 1 015 GJ. O consumo de energia, no caso em que os combustíveis fósseis são usados, é um indicador do esgotamento de recursos.

Assim temos que, a energia total que é usada no aterro é 1 572 GJ, mais o que é gasto para reciclar, que são 492 GJ, menos o que era preciso gastar de materiais para repor o que é deitado fora (que não foi gasto), que são 1 509 GJ. O valor líquido do Inventário do Ciclo de Vida (todas as entradas menos as saídas) é de 554 GJ.

- A quantidade de emissões de gases de efeito de estufa, em relação à reciclagem foi de 96 toneladas de dióxido de carbono (CO₂), 0,1 toneladas de metano (CH₄) e 106 toneladas de dióxido de carbono equivalente. Já para a deposição em aterro foi de 54 toneladas de dióxido de carbono (CO₂) e 127 toneladas de dióxido de carbono equivalente. Todos estes servem como indicadores de mudanças climáticas.

No que diz respeito aos gases de efeito de estufa, tanto para a reciclagem como para a deposição em aterro, os valores apresentados para o dióxido de carbono (CO₂) e seus equivalentes apresentam um potencial impacto para mudanças climáticas. Já os valores apresentados para o metano (CH₄) não são significativos.

Assim temos que, a quantidade de CO₂ total produzida no aterro é 150 t, mais o que é gasto para reciclar, que é 11 t, menos o que era preciso gastar de materiais para repor o que é deitado fora (que não foi gasto), que é 51 t. O valor líquido do Inventário do Ciclo de Vida (todas as entradas menos as saídas) para o CO₂ foi de 110 t. Já para a quantidade total produzida de CO₂ equivalente foi de 232 t, mais o que é gasto para reciclar, que é 35 t, menos o que era preciso gastar de materiais para repor o que é deitado fora (que não foi gasto), que é 124 t. O valor líquido do Inventário do Ciclo de Vida (todas as entradas menos as saídas) para o CO₂ equivalente é igual a 143 t.

- A quantidade de emissões de gases acidificantes, em relação à reciclagem foi de 0,03 toneladas de óxidos de azoto (NO_x) e 0,01 toneladas de dióxido de enxofre (SO₂). Já para a deposição em aterro foi de 0,22 toneladas de óxidos de azoto (NO_x), 0,17 toneladas de dióxido de enxofre (SO₂) e 0,007 toneladas de cloreto de hidrogénio (HCl). Todos estes servem como indicadores de precipitação (chuva) ácida. Têm também potencial de impacto na saúde humana.

No que diz respeito aos gases acidificantes, em relação à reciclagem, como os valores apresentados não são significativos, pode-se dizer que não há impacto na saúde humana. Já em relação à deposição em aterro, os valores das emissões de óxidos de azoto (NO_x) e de dióxido de enxofre apresentam um potencial impacto na saúde humana.

Aqui, apenas o cloreto de hidrogénio (HCl) produzido na deposição em aterro tem influência no valor líquido do Inventário do Ciclo de Vida (todas as entradas menos as saídas), que foi de 2,8 t.

- A quantidade de emissões de precursores *smog*, em relação à reciclagem foi de 0,03 toneladas de óxidos de azoto (NO_x), 0,01 toneladas de material particulado (PM) e 0,01 toneladas de compostos orgânicos voláteis (VOCs). Já para a deposição em aterro foi de 0,22 toneladas de óxidos de azoto (NO_x), 0,1 toneladas de material particulado (PM) e 0,1 toneladas de compostos orgânicos voláteis (VOCs). Todos estes servem como indicadores de formação da poluição atmosférica.

No que diz respeito aos precursores de *smog*, em relação à reciclagem, como os valores apresentados não são significativos, pode-se dizer que não há formação de poluição atmosférica. Já em relação à deposição em aterro, o valor das emissões de óxidos de azoto (NO_x) apresenta um princípio de formação de poluição atmosférica.

Aqui, nenhum dos precursores de *smog* produzidos tem influência no valor líquido do Inventário do Ciclo de Vida (todas as entradas menos as saídas).

- A quantidade de emissões de metais pesados e compostos orgânicos no ar, em relação à reciclagem foi de 0,001 kg de chumbo (Pb). Já para a deposição em aterro foi de 0,01 kg de chumbo (Pb), 0,001 kg de mercúrio (Hg) e 0,001 kg de cádmio (Cd). Todos estes elementos servem como indicadores de risco para a saúde.
- A quantidade de emissões de metais pesados e compostos orgânicos na água, em relação à reciclagem foi de 0,005 kg de chumbo (Pb) e 0,0001 kg de mercúrio (Hg). Já para a deposição em aterro foi de 0,15 kg de chumbo (Pb), 0,02 kg de cádmio (Cd) e 120 kg de CBO. Todos estes servem como indicadores do impacto na qualidade da água.

No que diz respeito aos metais e compostos orgânicos, em relação à reciclagem, como os valores apresentados não são significativos, pode-se dizer que, não há risco para a saúde (emissões de metais pesados e compostos orgânicos no ar) nem impacto na qualidade da água (emissões de metais pesados e compostos orgânicos na água).

Já em relação à deposição em aterro, pode-se dizer que não há risco para a saúde (emissões de metais pesados e compostos orgânicos no ar), pois os valores apresentados não são significativos. As emissões de metais pesados e compostos orgânicos no ar não têm qualquer influência no valor líquido do Inventário do Ciclo de Vida (balanço).

Já em relação às emissões de metais pesados e compostos orgânicos na água, apenas o CBO tem influência no valor líquido do Inventário do Ciclo de Vida. Em qualquer caso, face aos valores de emissão dos metais, sugere-se a hipótese de ocorrência de impactes na qualidade de água.

Assim temos que, a quantidade de Carência Bioquímica de Oxigénio total no aterro é 120 kg, mais o que é gasto para reciclar, que é 46 kg, menos o que era preciso gastar de materiais para repor o que é deitado fora (que não foi gasto), que é 33 kg. O valor líquido do Inventário do Ciclo de Vida (todas as entradas menos as saídas) para a Carência Bioquímica de Oxigénio foi de 134 kg.

- A quantidade de resíduos indiferenciados para a reciclagem foi de 2 toneladas e para a deposição em aterro de 147 toneladas. Os resíduos indiferenciados sólidos são um indicador de inviabilização do uso do solo.

Assim temos que, a quantidade de resíduos indiferenciados total produzidos no aterro é 149 t, mais o que é gasto para reciclar, que é 4 t, menos o que era preciso gastar de materiais para repor o que é deitado fora (que não foi gasto), que é 11 t. O valor líquido do Inventário do Ciclo de Vida (todas as entradas menos as saídas) para os resíduos indiferenciados foi de 142 t.

Por fim, é necessário ter em conta que, embora se tenha definido que a totalidade dos resíduos produzidos em Maio de 2010 no concelho de Nordeste foi enviada para reciclagem (193,78 toneladas), este apenas considera os resíduos do papel (13,07 toneladas), aço/ferro (5,03 toneladas), alumínio (1,69 toneladas), vidro (20,32 toneladas) e plásticos (7,05 toneladas) como os recicláveis. Sendo que estes resíduos correspondem a apenas 47,16 toneladas, o modelo assume que as restantes 146,62 toneladas são depositadas em aterro.

8. Conclusões

Esta dissertação teve por objectivo a aplicação de um Modelo de Avaliação do Desempenho para Sistemas de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos que irá focar a vertente da Avaliação do Desempenho Ambiental.

O caso de estudo desenvolvido refere-se ao Sistema de Gestão de Resíduos de Nordeste (São Miguel). Para cumprir este objectivo foi necessário recolher informação de base para poder aplicar o Modelo de Avaliação do Desempenho Ambiental, incluindo um ensaio de triagem e quantificação de resíduos plásticos/metais. Em relação a esta experiência, várias conclusões podem ser retiradas, nomeadamente:

- A maioria das pessoas que participaram na experiência produzem, em geral, pouca quantidade de plásticos e metais. O motivo encontrado foi que muitas destas famílias têm produção caseira de frutas e legumes e mesmo não tendo, conhecem sempre alguém na freguesia ou concelho que tenha para vender. Não só não se deslocam aos supermercados e mercearias para comprar este tipo de alimentos, como muitos nem sequer compram carne, pois matam os seus próprios animais (*e.g.* porcos, vacas, cabritos, galinhas) ou compram os animais para matar em casa. Assim eliminam-se plásticos de supermercado, plásticos de pesagem de frutas e legumes, filmes de embalar carne, esferovites, entre outros.
- Em relação à separação de resíduos, existem várias contrariedades no descritivo do que se pode depositar e do que não se pode depositar em cada ecoponto. Esta desinformação ocorre tanto ao nível da entidade gestora da recolha de resíduos como ao nível das empresas produtoras de alimentos. Deveriam ser divulgados indicadores em linguagem acessível, que facilite a compreensão por parte da comunidade interessada.
- Outra situação que foi notada durante o levantamento de informação é que o veículo de recolha selectiva é claramente pequeno, efectuando sempre, entre 2 a 4 viagens por dia na recolha de resíduos. Foi ainda equacionado se havia necessidade de construção de uma estação de transferência. Com a população em declínio e com uma perspectiva de baixar 15,7% até ao ano de 2020, esta será uma opção que pode tornar-se ultrapassada.

- Já em relação à deposição dos resíduos, uma das problemáticas reside no facto de haver falta de ecopontos públicos. Toda a população tem ecopontos caseiros, os quais são colocados à porta de casa no dia referente ao resíduo em recolha. O que acontece é que, nem todas as pessoas com casa no concelho a habitam permanentemente. Muitas são habitações temporárias (uns dias por semana) ou de férias (até 1 mês) e estes habitantes, ao sair de casa por um período superior a 1 dia, não deixam os ecopontos na rua para não serem roubados. Como não há nenhum local público no concelho onde se possam depositar resíduos, estes ficam em casa por recolher.
- Outra problemática reside no facto de quando estes habitantes temporários têm mesmo que deixar o lixo na rua para ser recolhido, por inúmeras razões que vão desde uma ausência mais prolongada, ter uma quantidade razoável de resíduos já acumulados, o facto de serem resíduos indiferenciados (restos de comida) que vão acumular um mau cheiro, apenas o fazem em sacos plásticos (sem o ecoponto), ficando estes à mercê de animais que acabam por alimentar-se deles e de os espalhar pela via pública.

Terminada a recolha de informação, procedeu-se à aplicação do Modelo de Avaliação do Desempenho Ambiental. Este efectuou uma Análise de Ciclo de Vida. A análise do inventário envolve procedimentos de recolha de dados e de cálculo para a quantificação das entradas e saídas relevantes de um sistema.

Assim, pode-se concluir que, para o caso do aterro de Nordeste, apenas a energia consumida, os gases de efeito de estufa (CO_2 e CO_2 equivalente), os metais pesados (chumbo e cádmio), o CBO e os resíduos indiferenciados contribuíram para o Inventário do Ciclo de Vida. O consumo de energia, no caso em que os combustíveis fósseis são usados, é um indicador do esgotamento de recursos, os gases de efeito de estufa servem como indicadores de mudanças climáticas, os metais pesados são um risco para a saúde humana e degradação ambiental e os resíduos indiferenciados servem como indicador de inviabilização do uso do solo.

No que concerne às emissões de metais pesados e compostos orgânicos na água, face aos valores de emissão dos metais, sugere-se a hipótese de ocorrência de impactes na qualidade de água pelo chumbo (em maior quantidade) e cádmio (em menor

quantidade). A exposição humana aos metais pesados via alimentação relaciona-se com o consumo de vegetais, frutos, peixe ou marisco contaminados a partir dos solos ou das águas circundantes. O chumbo, mercúrio e cádmio são os metais pesados que apresentam maiores riscos de segurança alimentar. Os metais pesados causam efeitos graves na saúde e envolvem reduções no crescimento e desenvolvimento, cancro, danos no sistema nervoso, entre outros, sendo que as crianças são particularmente mais sensíveis.

Por fim, mesmo considerando que o concelho de Nordeste tem seguido uma boa política no que diz respeito à gestão dos resíduos sólidos urbanos, ao adoptar a recolha selectiva de RSU porta-a-porta e perspectivando como solução a longo prazo a vermicompostagem, deixo algumas sugestões:

- Poderia haver uma maior sensibilização em torno da importância da reciclagem, tanto aos trabalhadores directamente implicados como à população em geral poderia aumentar a sua eficácia. No caso da população poderia ser efectuada uma sensibilização porta-a-porta para tirar dúvidas e eventualmente corrigir erros no que diz respeito à triagem e deposição dos RSU. Já no caso dos trabalhadores poderia ser feita uma sensibilização ambiental em relação aos resíduos que, por um motivo ou outro, acabam por cair durante a operação da recolha/manuseamento do lixo, não sendo recolhidos e ficando simplesmente no chão.
- Esta sensibilização poderia englobar as escolas do Concelho. Tal como a experiência ensinou aos adultos sobre a reciclagem de embalagens, esta incentivou ainda as crianças das famílias que participaram que, segundo relatos dos pais, incutiu o gosto pela reciclagem e a percepção da sua importância para o meio ambiente.
- Deveriam existir ecopontos públicos em cada freguesia do concelho de Nordeste e estes poderiam estar à entrada de cada freguesia para facilitar na sua recolha pelos veículos de recolha de resíduos.
- Num Concelho que tem o priolo, o Pico da Vara e que, durante vários anos foi considerado o Concelho mais florido da Europa, poderia haver algo sobre mecanismos de sequestro de carbono para compensar as produções de gases de efeito de estufa emitidos na gestão dos resíduos.

9. Bibliografia:

- APME, 1995. Life-Cycle Analysis of Recycling and Recovery of Households Plastic Waste Packaging Materials. Summary Report. Carried out by Fraunhofer-Institut Munchen, Technische Universitat Berlin and Universitat Kaiserslautern.
- Aumonier, S., 1995. Life Cycle Analysis of Waste Streams. Presented at the Fourth Annual Conference on Incineration, Towards a Waste Management Strategy, Manchester UK.
- Câmara Municipal de Nordeste – Boletim Municipal de Nordeste n.º 274 (Maio de 2006), pág. 6.
- Teixeira, C.A., Guerra P. & Bentes I., 2008. Avaliação de Desempenho em Sistemas de Gestão de RSU – o caso da Resíduos do Nordeste EIM. Indústria e Ambiente. Revista de informação técnica e científica. 53, 8-13.
- Collins, G.J., Grimes, S.M. & Boyce, J.G., 2002. Developing environmental performance indicators for an information technology systems and services company. International Journal of Environment and Pollution, 18, 260-270.
- DROTRH-INAG, 2001. Plano Regional da Água. Versão para discussão pública. DROTRH, Ponta Delgada, 49 pp.
- Eigenheer, E.M., 2003. Lixo, Vanitas e Morte: considerações de um observador de resíduos. Ed. UFF, Niterói, 195 pp.
- EPIC, 1997. Handling Plastics in a Materials Recovery Facility: Optimization of Actual Operations, Proctor & Redfern Limited, Canada, 81 pp.
- EPIC, 2000. Integrated Solid Waste Management Tools: User Guidance Document. Canada, 52 pp.
- EPIC/CSR, 2000. Integrated Solid Waste Management Tools: Project Report. Canada, 86 pp.
- Esmaili, H., 1972. Facility selection and haul optimisation model. Journal of the Sanitary Engineering Division-ASCE, 98, 1005–1020.
- Finnveden, G., 1995. Treatment of solid waste in life cycle assessment – some methodological aspects. Proceedings of the International Workshop on Life Cycle Assessment and Treatment of Solid Waste. Stockholm, Sweden.

- Forjaz, V.H., 2004. Atlas Básico dos Açores. Observatório Vulcanológico e Geotérmico dos Açores (OVGA), Ponta Delgada, 112 pp.
- Guinée J. B., Gorrée M., Heijungs R., Huppes G., Kleijn R., De Koning A., Van Oers L., Wegener Sleeswijk A., Suh S., Udo De Haes H. A., De Bruijn H., Huijbregts M. A. J., Lindeijer E., Roorda A. A. H., Vanderven B. L. & Weidema B. P., 2001. Handbook on Life Cycle Assessment: operational guide to the ISO standards. Kluwer, Dordrecht, 225 pp.
- Hasit, Y. & Warner, D., 1981. Regional solid waste planning with WRAP. Journal of Environmental Engineering-ASCE 107, 511–525.
- Helms, B. & Clark, R., 1974. Locational models for solid waste management. Journal of Urban Planning and Development-ASCE, 97, 1–13.
- <http://estatistica.azores.gov.pt/> (consultado em Março de 2010).
- <http://pt.wikipedia.org> (consultado em Abril de 2010).
- <http://www.plastval.pt/> (consultado em Março de 2010).
- Hung, M.L., Ma, H.W. & Yang, W.F., 2007. A novel sustainable decision making model for municipal solid waste management. Waste Management, 27, 209-219.
- Instituto do Ambiente, 2005. Relatório do Estado do Ambiente. Instituto do Ambiente, Lisboa, 109 pp.
- Instituto dos Resíduos, 1997. Plano Estratégico Sectorial de Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos. Instituto dos Resíduos, Lisboa.
- Jenkins, L., 1982. Parametric mixed integer programming: an application to solid waste management. Management Science, 28, 1270–1284.
- Levy, J.Q. & Cabeças, A.J., 2006. Resíduos Sólidos Urbanos. Princípios e Processos. Associação das Empresas Portuguesas para o Sector do Ambiente, Lisboa, 332 pp.
- Martinho, M.G. & Gonçalves, M.G., 2000. Gestão de resíduos. Universidade Aberta, Lisboa, 284pp.
- McDougall, R.F., White, R.P., Franke, M. & Hindle, P., 2001. Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory. Blackwell, Oxford, 513 pp.
- Parker, A., 1983. Behavior of wastes in landfill methane generation. In: Holmes, J. R., (Ed.) Practical waste management, John Wiley & Sons, Chichester, UK, 223-234.

- Perlack, R. & Willis, C., 1985. Multiobjective decision-making in waste disposal planning. *Journal of Environmental Engineering-ASCE*, 111, 373-385.
- Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos. Versão para discussão pública, 2006. 117 pp.
- Quatenaire Portugal, 2009. Revisão do Plano Director Municipal de Nordeste. Lisboa-Porto, 444 pp.
- RMV & Associados, 2008. Coleção Ambiente. Resíduos. Porto Editora, Porto, 760 pp.
- Santos Oliveira, J.F., Mendes, B. & Lapa, N., 2009. Resíduos. Gestão, Tratamento e a sua Problemática em Portugal. Lidel, Lisboa-Porto, 548 pp.
- SRAM, 2007. Plano Estratégico de Gestão de Resíduos dos Açores. Secretaria Regional do Ambiente/Secretaria Regional do Ambiente e do Mar. Horta.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. & Vigil, S.A., 1993. *Integrated Solid Waste Management. Engineering principles and management issues*, McGraw-Hill, California, 978 pp.
- Truitt, M., Liebman, J. & Kruse, C., 1969. Simulation model of urban refuse collection. *Journal of the Sanitary Engineering Division-ASCE*, 95, 289–298.
- White, P.R., Franke, M. & Hindle, P., 1995. *Integrated Solid Waste Management: A Lifecycle Inventory*. Chapman & Hall, New York, 360 pp.
- Winkler, J. & Bilitewski, B., 2007. Comparative evaluation of life cycle assessment models for solid waste management. *Waste Management*, 27, 1021-1031.