

UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE ECONOMIA

**ANÁLISE DAS TENDÊNCIAS EVOLUTIVAS DOS
ECOPONTOS NO ALGARVE**

Um diagnóstico dos custos com o ambiente

Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Gestão Empresarial

PEDRO SILVEIRO DE OLIVEIRA

Faro
2011

PEDRO SILVEIRO DE OLIVEIRA

FACULDADE DE ECONOMIA

Orientador:

DOUTOR GUILHERME JOSÉ FRESCA MIRADOR DE ANDRADE CASTELA

Data

Abril de 2011

**ANÁLISE DAS TENDÊNCIAS EVOLUTIVAS DOS
ECOPONTOS NO ALGARVE**

Um diagnóstico dos custos com o ambiente

Júri:

Presidente: Doutora Cristina Maria Pereira Viegas de Oliveira

Vogais: Doutor João Carlos Rosmaninho de Menezes
Doutora Patrícia Susana Lopes Guerrilha dos Santos Pinto Oom do Valle
Doutor Guilherme José Fresca Mirador de Andrade Castela
Doutora Eugenia Maria Dores Maia Ferreira Castela.

À memória dos meus avós

ÍNDICE

Lista de abreviaturas	IV
Lista de figuras	V
Lista de gráficos.....	VI
Lista de quadros	VII
Agradecimentos	VIII
Resumo	IX
Abstract.....	X
1 Introdução e Objectivos.....	1
1.1 Introdução	2
1.2 Justificação da investigação.....	2
1.3 Os objectivos da investigação	6
1.4 A estrutura da investigação.....	6
2 Reciclagem e Política Ambiental	7
2.1 Nota introdutória	8
2.2 A reciclagem.....	8
2.2.1 Os benefícios da reciclagem	9
2.2.2 Os custos com a reciclagem.....	12
2.2.3 O sucesso da reciclagem.....	13
2.2.4 A promoção da reciclagem	16
2.2.5 Tipos de recolha.....	18
2.2.5.1 Recolha por Ecopontos	18
2.2.5.1.1 Localização de Ecopontos	19
2.2.5.1.2 Tipos de Ecopontos	20
2.2.5.1.3 Equipamentos de recolha.....	21
2.2.5.2 Recolha porta-a-porta	21

2.2.5.2.1 Tipos de Ecopontos	22
2.2.5.2.2 Equipamentos de recolha.....	22
2.2.6 O transporte	23
2.2.6.1 Rotas	23
2.2.7 As estações de triagem	24
2.3 As políticas ambientais.....	25
2.3.1 As estratégias ambientais.....	25
2.3.2 As políticas de resíduos em Portugal.....	26
2.3.3 As políticas municipais e o caso da região do Algarve	27
3 O Planeamento e a Gestão de Resíduos.....	29
3.1 O planeamento do processo de recolha e triagem	30
3.2 A gestão do processo de recolha e triagem.....	30
3.3 Os custos do processo de recolha e triagem	32
4 A Metodologia da Investigação	34
4.1 Contextualização da investigação.....	35
4.2 Definição das variáveis de estudo	39
4.3 Recolha e tratamentos dos dados.....	39
4.4 Metodologia.....	40
4.4.1 Metodologia BIPLLOT.....	40
4.4.1.1 Método HJ-BIPLLOT	43
4.4.1.1.1 A interpretação gráfica do método HJ-BIPLLOT.....	47
4.4.2 A Análise de Correlações Canónicas.....	53
4.4.2.1 Nota introdutória	53
4.4.2.1.1 Técnicas para o estudo de inter-relações entre dois conjuntos de dados .	55
4.4.2.2 A Análise de Correlações Canónicas e a Análise de Regressão.....	56
4.4.2.3 O cálculo da correlação canónica	58
4.4.2.3.1 Etapas para o cálculo de uma correlação canónica.....	62

5	Descrição e Análise dos Resultados	64
5.1	Análise preliminar dos dados	65
5.2	Os resultados da metodologia HJ-BIPLLOT	66
5.2.1	O processo de segmentação regional	67
5.2.2	A detecção de tendências regionais	68
5.2.3	Descrição e caracterização de padrões regionais.....	71
5.3	Os resultados da Análise de Correlações Canónicas	73
5.3.1	A modelação das tendências regionais	73
5.3.1.1	O modelo vectorial decrescente.....	73
5.3.1.2	O modelo vectorial constante	74
5.3.1.3	O modelo helicoidal.....	75
5.3.2	A interpretação económica dos pesos canónicos e o impacto dos custos na gestão dos resíduos: a necessidade de uma adequação	76
5.3.2.1	O modelo vectorial decrescente.....	77
5.3.2.2	O modelo vectorial constante	79
5.3.2.3	O modelo helicoidal.....	81
6	Conclusões	83
6.1	Síntese.....	84
6.2	Recomendações	86
6.3	Sugestões para investigações futuras.....	86
	Bibliografia.....	87

LISTA DE ABREVIATURAS

EPA	Environmental Protection Agency's
PERSU	Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos
PERSU II	2º Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
S.B. Alportel	São Brás de Alportel
SPV	Sociedade Ponto Verde
V.R.S.A	Vila Real de Santo António

LISTA DE FIGURAS

- Figura 3.1 – Fluxograma do procedimento de gestão e de recolhas selectivas da empresa ALGAR, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.
- Figura 3.2 – Fluxograma do procedimento de triagem de resíduos da empresa ALGAR, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.
- Figura 4.1 – Representação HJ-BIPLLOT
- Figura 4.2 – Representação da relação HJ BIPLLOT entre os ângulos (θ) formados pelos atributos e a respectiva correlação (r)
- Figura 4.3 – Representação do crescimento do valor co-seno em função do sentido da rotação no círculo trigonométrico
- Figura 4.4 – Representação de atributos com diferentes longitudes de vector no HJ-BIPLLOT
- Figura 4.5 – Representação dos indivíduos e distâncias no HJ-BIPLLOT
- Figura 4.6 – Representação da relação dos atributos e indivíduos relacionados com diferentes preponderâncias no HJ-BIPLLOT
- Figura 4.7 – Representação da relação entre atributos e indivíduos no HJ-BIPLLOT

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 2.1 - Representação das toneladas produzidas e facturação dessa mesma produção, para os três resíduos mais reciclados, no período compreendido entre 2004 e 2008
- Gráfico 4.1 - Facturação proveniente dos materiais mais produzidos
- Gráfico 4.2 - Toneladas recolhidas nos vários ecopontos
- Gráfico 4.3 - Crescimento populacional na região do Algarve no período de 2002 a 2009
- Gráfico 4.4 - Número total de ecopontos na região do Algarve no período de 2002 a 2009
- Gráfico 5.1- Representação HJ BIPLLOT do número dos vários tipos de ecopontos para os 16 concelhos algarvios para o período de 2003 a 2009
- Gráfico 5.2 - Representação HJ-BIPLLOT do número dos vários tipos de ecopontos para os 16 concelhos algarvios para o período de 2003 a 2009 com a representação dos 3 *Clusters*
- Gráfico 5.3 - *Cluster 1* da representação HJ-BIPLLOT do número dos vários tipos de ecopontos para os 16 concelhos algarvios (2003 – 2009) com a marcação das diferentes tendências de crescimento/evolução dos ecopontos
- Gráfico 5.4 - *Cluster 2* da representação HJ-BIPLLOT do número dos vários tipos de ecopontos para os 16 concelhos algarvios (2003 – 2009) com a marcação das diferentes tendências de crescimento/evolução dos ecopontos
- Gráfico 5.5 - *Cluster 3* da representação HJ-BIPLLOT do número dos vários tipos de ecopontos para os 16 concelhos algarvios (2003 – 2009) com a marcação das diferentes tendências de crescimento/evolução dos ecopontos

LISTA DE QUADROS

- Quadro 2.1 - Valores de contrapartida financeira, pagos pela Sociedade Ponto Verde (SPV), em função da quantidade de resíduos urbanos de embalagens recolhidos selectivamente
- Quadro 2.2 - Métodos mais comuns para os governos locais promoverem a gestão de resíduos
- Quadro 4.1 - Estrutura accionista da empresa ALGAR, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A
- Quadro 4.2 - Quilómetros e Recolhas efectuadas no período de 2003 a 2009
- Quadro 5.1 - Resumo para o modelo vectorial decrescente (Tendência 1)
- Quadro 5.2 - Significância das Raízes Canónicas do modelo vectorial decrescente (Tendência 1)
- Quadro 5.3 - Resumo para o modelo vectorial constante (Tendência 2)
- Quadro 5.4 - Significância das Raízes Canónicas do modelo vectorial constante (Tendência 2)
- Quadro 5.5- Resumo para o modelo helicoidal (Tendência 3)
- Quadro 5.6 - Significância das Raízes Canónicas do modelo helicoidal (Tendência 3)
- Quadro 5.7 - Pesos canónicos para cada uma das várias variáveis dependentes e independentes do modelo vectorial decrescente (Tendência 1)
- Quadro 5.8 - Pesos canónicos para cada uma das várias variáveis dependentes e independentes do modelo vectorial constante (Tendência 2)
- Quadro 5.9 - Pesos canónicos para cada uma das várias variáveis dependentes e independentes do modelo helicoidal (Tendência 3)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmãos, por todo o apoio e incentivo.

À Rita, minha namorada, pela companhia e apoio durante todo o trabalho.

À Dr.^a Carla Filipe e ao Eng. Hugo Costa da ALGAR, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A., pelos dados fornecidos, apoio prestado e por todos os esclarecimentos.

Ao Professor Doutor Guilherme Castela pelo interesse demonstrado, pela orientação e apoio que me deu neste trabalho.

À Pita, pela companhia durante a realização de todo o trabalho.

Ao Monsieur Chien, à Malaika, à Aniki e à Tina, pela amizade de longa data e pelo grande apoio durante todo o meu percurso académico.

A todos os meus amigos, e a todos aqueles que de algum modo contribuíram para este trabalho.

RESUMO

Na sequência de políticas ambientais, foram criadas diversas empresas de gestão e recolha selectiva de resíduos. Com a posterior consciencialização das populações a separação dos resíduos recicláveis tem vindo a aumentar, ocorrendo também a necessidade de aumentar o número de locais de depósito desses mesmos resíduos. Este trabalho pretende analisar a tendência verificada na proliferação do número e do tipo de ecopontos na região algarvia, diagnosticando o respectivo impacto designadamente, nos custos com a recolha, nos quilómetros efectuados entre recolhas, no número de recolhas e nas toneladas retiradas em cada recolha. Para tal irão ser usadas a metodologia BIPLLOT (Gabriel, 1971; Galindo, 1986) e a Análise de Correlações Canónicas (Hotelling, 1936). Uma vez que esta investigação incide na análise e impacto da evolução do número dos vários tipos de ecopontos nos 16 concelhos algarvios, para o período de 2003 a 2009, torna-se pertinente, numa primeira fase, utilizar um processo de redução da dimensionalidade dos dados que possibilite, em simultâneo, detectar padrões nas tendências evolutivas decorrentes da política ambiental instituída. Assim, propomos o procedimento HJ-BIPLLOT (Galindo, 1986) como instrumento para identificar *clusters* de concelhos com padrões semelhantes, para o período em causa. Posteriormente, numa segunda fase metodológica, irá ser utilizada uma Análise de Correlações Canónicas, para cada *cluster* encontrado, de forma a identificar-se que variáveis possuem maior influência, em matéria de custos e, assim, avaliar a política de custos actualmente estabelecida pela ALGAR - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.

Palavras-chave: Custo/Benefício, Reciclagem, HJ-BIPLLOT, Análise Correlação Canónica

ABSTRACT

Over the past years and following the implementation of several environmental policies that enforce waste recycling, many waste collection and management companies have been created. At the same time, the increase in population's awareness towards separation of recyclable waste boosted the need of places to deposit such waste. In this work we analyse trends in the proliferation (number and type) of “ecopoints” in the Algarve region, diagnosing the impact of such increase in the costs of collection, the distance between collections, the number of collections and the weight collected in each collection. For this we use a BIPLLOT methodology (Gabriel, 1971; Galindo, 1986) and Canonical Correlation Analysis (Hotelling, 1936). Since this research focuses on analysing the impact of the evolution in number and types of “ecopoints” in 16 municipalities in the Algarve for the 2003-2009 period, it is appropriate, in an initial phase, to use a process that reduces data dimensionality, therefore allowing to detect patterns in evolutionary trends resulting from environmental policy implementation. We propose the procedure HJ-BIPLLOT (Galindom 1986) as a tool to identify clusters of municipalities with similar patterns for the period in question. Subsequently, a Canonical Correlation Analysis methodology will be used for each identified cluster, in order to point out which variables have more influence in terms of cost, therefore allowing us to evaluate the cost policies established by ALGAR - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.

Keywords: Cost/Benefit, Recycling, HJ-BIPLLOT; Canonical Correlation Analysis

1

INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

1.1 Introdução

Desde o princípio dos anos 80 do século XX que os problemas de saneamento têm vindo a ser encarados com grande seriedade, tendo também existido desde então fortes políticas de investimento nessa área (CIDER, 1997), tendo também existindo um forte crescimento da reciclagem desde então (EPA, 1995). Com o crescimento da população, aumentou não só a produção de resíduos, mas também a necessidade de lhes dar um destino adequado.

Na União Europeia, cada cidadão produz anualmente cerca de 3,5 toneladas de resíduos sólidos que, na sua maioria, são depositados em aterro sanitário ou queimados em incineradoras. No entanto, ambos os métodos são prejudiciais para o ambiente. A deposição em aterros sanitários não só ocupa cada vez mais espaço como também resulta na poluição do solo, água e ar, este último devido às emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera (Comissão Europeia, 2006).

Considera-se preferencial a utilização de alternativas à deposição em aterro sanitário, o que prolonga não só o respectivo período de utilização, como também diminui os correspondentes custos de deposição (Suttibak e Nitivattananon, 2008). Entre aquelas alternativas encontram-se a redução da produção de resíduos e a sua valorização (Comissão Europeia, 2006), ou seja, qualquer operação que permita o seu reaproveitamento, quer pela sua reciclagem material ou orgânica, quer pela sua valorização energética.

1.2 Justificação da investigação

A investigação sobre a gestão dos resíduos sólidos urbanos e, nomeadamente, dos resíduos recicláveis, tem adquirido nas últimas décadas uma importância cada vez maior e, por conseguinte, um maior interesse de estudo.

Vários foram os investigadores que se debruçaram sobre os factores que influenciavam a participação nos programas de reciclagem. Speirs e Tucker (2001) estudaram o perfil das pessoas que reciclavam e que faziam viagens adicionais aos locais de depósito. Outros investigadores, tais como Kinnaman e Fullerton (2000), Hage

e Söderholm (2008), Sidique *et al.* (2010a) e Sidique *et al.* (2010b), procuraram conhecer as características dos participantes nos programas de reciclagem, diferenciando-as em sócio-demográficas e psicossociais, bem como a influência das situações operacionais dos sistemas nesses mesmos participantes.

Tendo em conta que o sucesso da reciclagem dos resíduos domésticos está dependente da participação dos residentes, González-Torre e Adenso-Díaz (2005) e Lin *et al.* (2010), concluíram que, estes são fortemente influenciado pela proximidade dos locais de depósito, sendo por isso importante a facilidade de acesso, de modo a aumentar a participação da reciclagem residencial.

Deste modo, tornam-se importantes as investigações como a de Lin e Chen (2009), que conceberam um modelo que daria informação sobre quando uma determinada região geográfica estaria ou não a precisar de novos depósitos de reciclagem, tendo este modelo tido como indicadores não só a acessibilidade espacial e a carga populacional como também indicadores de eficiência da integração.

Estando o sucesso dos programas de reciclagem dos resíduos doméstico dependente da participação dos residentes, foram também vários os estudos, como os de Read (1999), Evison e Read (2001), Barr *et al.* (2003), Kaplowitz *et al.* (2009), Grodzinska-Jurczak *et al.* (2006) e Cotterill *et al.* (2009), realizados com o objectivo de estudar taxas de reciclagem conseguidas antes e após vários tipos de campanhas, tendo sido também estudados quais os tipos de campanhas mais eficazes.

Alguns investigadores centraram os seus estudos no sucesso dos programas de reciclagem levados a cabo por medidas políticas associadas às diferentes taxas cobradas pela recolha de resíduos; assim, Ferrara e Missios (2005) e Bohara *et al.* (2007) concluíram que aquelas taxas tinham grandes impactos nos níveis de reciclagem. Matsui *et al.* (2007) analisaram o efeito de medidas, como a criação de uma melhor informação e de novos espaços de recolha nas taxas de participação na reciclagem, tendo concluído que estas medidas tinham um impacto positivo.

No mesmo âmbito, Kipperberg (2007) fez uma comparação entre as políticas de incentivo à reciclagem nos Estados Unidos e na Noruega, no que respeita à influência das diferentes taxas de deposição para os diferentes tipos de resíduos recolhidos, comparando também a influência das características sócio-económicas nos dois países.

Outros temas de grande interesse e importância na investigação em gestão de resíduos sólidos urbanos e, em particular, na reciclagem, são os relacionados com os seus custos e benefícios, nas perspectivas económica e ecológica. Bohm *et al.* (2010) concluíram que os custos com o processo de reciclagem excedem os custos de recolha e deposição dos resíduos indiferenciados; no entanto, estes autores apenas se centraram nos custos dos processos, não tendo em linha de conta qualquer benefício trazido com a reciclagem.

As investigações de Yu *et al.* (1996) e de Leu e Lin (1998) concluíram que o sucesso financeiro dos programas de reciclagem está fortemente associado ao preço das matérias-primas. A análise do custo/benefício dos seus estudos demonstrou que os programas de reciclagem, em anos em que os custos das matérias-primas eram mais elevados, conseguiam gerar receitas suficientes com a venda dos materiais recicláveis para cobrir as despesas.

Craighill e Powell (1996) e Huhtala (1997), comprovaram que a reciclagem no seu todo é tanto económica como ambientalmente vantajosa. Beigl e Salhofer (2004); Batool *et al.* (2008) dizem mesmo que não existe grande diferença nos custos do processo sem reciclagem e do processo com reciclagem, com a vantagem de que com este último sempre se beneficia o ambiente., Batool *et al.* (2008) acrescenta que um bom processo de reciclagem está associado não só a um grande potencial económico, como também a poupanças de energia e de matérias-primas, bem como à criação de novos postos de trabalho. A EPA (1997) dos Estados Unidos da América tinha referido que os postos de trabalho criados pela indústria de reciclagem eram cinco vezes superiores aos da deposição em aterro.

Wang *et al.* (2008) fizeram uma análise dos benefícios da recolha de resíduos recicláveis na zona de Haidian em Pequim, do ponto de vista económico e social, comparando com outros casos, uma vez que a compra dos resíduos deixou de estar a cargo do governo para passar a estar a cargo de negociantes, oriundos dos meios rurais.

Uma vez que grande parte dos custos da recolha de resíduos está directamente ligada ao transporte, esta é também uma área de estudo com muita relevância. Nuortioa, *et al.* (2006) desenvolveram uma investigação centrada na problemática dos horários,

rotas de recolha e transporte de resíduos. Estes investigadores concluíram que com um melhor planeamento é possível obter uma grande redução de custos.

Salhofer *et al.* (2007) estudaram, do ponto de vista ambiental, a existência de vantagens na continuação do processo de reciclagem em situações em que as distâncias de transporte eram muito grandes, ou se, nessas circunstâncias, seria mais vantajosa a deposição em aterro. Concluíram, à semelhança do relatório da Comissão Europeia (1997), que mesmo com um acréscimo da distância entre os locais de recolha e de descarga das recolhas de materiais recicláveis da ordem de 10%, levaria apenas a um pequeno aumento nos custos ambientais.

Bel e Mur (2009) e Bel e Fageda (2010) sugerem nos seus estudos que, os municípios com menos de 50 000 habitantes deveriam cooperar na recolha dos resíduos, com o fim de reduzir os custos de serviços.

Há também numerosas investigações sobre uma melhor gestão dos RSUs; Troschinetz e Mihelcic (2006) estudaram a reciclagem em países em desenvolvimento, considerada como uma forma sustentável da gestão dos RSUs. Para tal analisaram 23 estudo de casos, tendo como objectivo identificar os factores que levavam a maiores taxas de reciclagem. Bovea *et al.* (2010) e Couth *et al.* (2010) investigaram a utilização da reciclagem e do seu benefício do ponto de vista ambiental e da redução das emissões de gases de efeito de estufa. Zhang *et al.* (2010) e Özeler *et al.* (2006) estudaram as diferenças entre vários tipos de gestão de resíduos e Lavee e Khatib (2010) utilizaram o *benchmarking* para desenvolver um modelo com a finalidade de predizer um maior potencial económico da reciclagem.

Apesar dos numerosos estudos sobre reciclagem, tais como os apresentados anteriormente, não encontramos artigos que se tivessem proposto investigar quais os efeitos nos custos totais de recolha, dos quilómetros efectuados, dos levantamentos de ecopontos¹ e das toneladas recolhidas nesses levantamentos. Este é o estudo que nos propomos efectuar.

¹ O termo ecoponto está relacionado com o contentor de deposição de resíduos

1.3 Os objectivos da investigação

A realização deste trabalho tem como objectivo geral:

Analisar e interpretar as tendências no crescimento do número e dos vários tipos de ecopontos nos 16 concelhos algarvios, para o período de 2003-2009.

Como objectivos específicos, pretendemos, analisar e diagnosticar o impacto nos custos que a empresa ALGAR, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A., suporta com a recolha dos ecopontos Vidro, Embalagens e Papel/Cartão, dadas as tendências observadas, designadamente, no que concerne:

1. aos quilómetros efectuados nas recolhas;
2. ao número de recolhas (número de levantamentos de ecopontos);
3. às toneladas de resíduos recolhidas em cada recolha.

1.4 A estrutura da investigação

A investigação começou por uma revisão da literatura e do estado da arte (**Capítulo 1**), que nos permitiu definir o problema e as principais questões que se queriam ver respondidas. No **Capítulo 2** assinalam-se os temas mais importantes relacionados com o processo de reciclagem, bem como com as políticas ambientais de gestão de resíduos. Descreveram-se o planeamento e a gestão de resíduos no **Capítulo 3**. No **Capítulo 4** foi definida a metodologia a utilizar, tendo-se posteriormente procedido à recolha de dados e sua análise no **Capítulo 5**. Finalmente no **Capítulo 6** foram elaboradas as conclusões, bem como algumas recomendações para futuras investigações.

2

RECICLAGEM E POLÍTICA AMBIENTAL

2.1 Nota introdutória

Neste capítulo irão ser descritos os principais factores a ter em conta para que se verifique um processo de reciclagem mais eficaz. Deste modo, irão ser mencionados, numa primeira fase, os benefícios e custos da reciclagem, os factores que influenciam o seu sucesso e os tipos de promoções normalmente utilizados. Posteriormente, serão abordados os pontos mais importantes do processo de recolha e triagem, bem como as políticas ambientais respeitantes aos resíduos recicláveis.

2.2 A reciclagem

A reciclagem é definida, de acordo com a Portaria nº15/96 de 23 de Janeiro, como o reprocessamento dos resíduos para o fim original, ou para outros fins. Nesse sentido, a reciclagem é uma componente necessária na gestão integrada de resíduos e, quando bem concebida, poderá dar origem a benefícios sociais e económicos.

Um bom funcionamento dos serviços de recolha selectiva implica a aprovação das populações, de modo a que estas se considerem parte integrante no processo. Por este motivo, é especialmente importante que estejam bem informadas, conhecendo os princípios de um bom funcionamento do processo de reciclagem, depositando os resíduos sem impurezas nos contentores ou locais apropriados, o que, não acontecendo, irá afectar os sistemas de separação (Grodzinska-Jurczak *et al.*, 2006). Deste modo, o processo de reciclagem começa nas casas e locais de trabalho de todos nós, quando separamos os resíduos e os colocamos no ecoponto correspondente.

Os resíduos depositados nos ecopontos serão posteriormente recolhidos e transportados até às estações de triagem, onde é depois efectuada uma separação mais efectiva nos seus diferentes subtipos, sendo estes depois enfardados e acondicionados. Após a triagem, os resíduos são encaminhados para as indústrias recicladoras. No caso de Portugal este processo é coordenado pela Sociedade Ponto Verde (SPV).

A SPV é uma entidade privada, sem fins lucrativos, com a missão de promover a recolha selectiva, a retoma e a reciclagem de resíduos de embalagens, a nível nacional.

2.2.1 Os benefícios da reciclagem

Quando bem concebido, o processo de reciclagem poderá originar benefícios sociais, ambientais e económicos, uma vez que vai permitir poupanças ao nível do consumo de recursos naturais, do espaço em aterro sanitário, bem como a redução da poluição e ainda a criação de novos postos de trabalho, (Lombrano, 2009; Batool *et al.* 2008; Martinho e Gonçalves, 2000; Serviços Municipalizados de Loures, 2000; EPA, 1997; Craighill e Powell, 1996).

Relativamente aos postos de trabalhos criados, estes variam dos mais aos menos qualificados, tais como, condutores de camião, pessoal de triagem, químicos, engenheiros, entre outros. Estima-se que os postos de trabalhos criados com o processo de reciclagem sejam cinco vezes superiores àqueles que são criados pelo depósito em aterro sanitário (EPA, 1997).

Segundo o relatório da Comissão Europeia (1996), a partir de uma análise dos custos/benefícios dos vários sistemas de gestão de resíduos, foi considerado que a reciclagem era a actividade que trazia mais benefícios ambientais para os estados membro da União Europeia, quando comparada com a compostagem, a incineração ou a deposição em aterro sanitário. Não obstante, segundo o mesmo relatório, os benefícios podem ser muito variáveis dentro de cada estado membro, devido às diferenças com custos em transporte, energia poupada e tipos de materiais reciclados.

Vejamos então os possíveis benefícios originados na produção de novos materiais, a partir dos resíduos recicláveis mais utilizados.

No caso da reciclagem do vidro, esta permite poupar 120% de matéria-prima, uma vez que para produzir uma tonelada de vidro são necessárias 1,2 toneladas de matéria-prima base. No caso da utilização de casco de vidro, toda a matéria-prima é aproveitada. A utilização do casco de vidro permite também uma poupança de 20% a 30% de energia; além disso, como é consumido menos combustível, existe uma diminuição da poluição atmosférica (Serviços Municipalizados de Loures, 2000). Também Beigl e Salhofer (2004), num estudo sobre os benefícios gerados pela reciclagem de diferentes materiais, concluíram que a reciclagem do vidro traz grandes benefícios, quer a nível económico quer a nível ambiental.

As vantagens indicadas anteriormente também se estendem ao caso da reciclagem do papel. A produção de uma tonelada de papel reciclado utiliza 50 a 200 vezes menos água e 2 a 3 vezes menos energia do que a produção de papel a partir de pasta, de acordo com o tipo de papel que se pretende produzir. Esta reciclagem origina também diminuições de 25% das descargas de águas residuais industriais e de 75% de emissões atmosféricas. A produção de papel reciclado permite ainda poupar o abate de 15 a 20 árvores por tonelada de papel produzida (Serviços Municipalizados de Loures, 2000).

No que concerne às embalagens de plástico, Beigl e Salhofer (2004) referem que a reciclagem de plástico apresenta grandes benefícios ambientais, uma vez que reduz fortemente a emissão de gases de efeito de estufa, embora acarrete um maior custo económico.

Segundo Martinho e Gonçalves (2000), existem diversos factores que fazem com que o mercado para os plásticos recicláveis seja muito limitado, entre os quais:

- a) - a existência de numerosas categorias de plásticos o que dificulta a sua separação;
- b) - a necessidade da lavagem dos plásticos como parte do processo de reciclagem;
- c) - o aumento do custo do processo de reciclagem comparativamente com o preço da matéria-prima virgem.

No que respeita à reciclagem das embalagens de plástico, existem duas tecnologias: a primeira usa uma mistura de plásticos, produzindo materiais que podem substituir madeira, cimento ou metais; a outra implica uma separação mais cuidadosa dos plásticos após a qual são quebradas as suas estruturas poliméricas, até chegar à matéria-prima que pode dar origem a produtos comparáveis aos polímeros virgens (Martinho e Gonçalves, 2000).

Quanto às embalagens de metal, estas podem ser, de um modo geral, recuperadas e novamente fundidas. A reciclagem dos metais, a partir de embalagens de metal usadas, apresenta grandes vantagens ecológicas, contribuindo fortemente para a poupança de resíduos naturais e para a redução da poluição (Beigl e Salhofer, 2004).

Relativamente à reciclagem do metal, existem tecnologias que permitem fazer recipientes para líquidos alimentares, usando apenas latas usadas e consumindo 5% da energia necessária para as produzir a partir de matérias-primas minerais (Serviços Municipalizados de Loures, 2000).

Em suma, podemos afirmar que a reciclagem traz benefícios sociais, ambientais e económicos, Designadamente:

1. a reciclagem é, segundo as análises aos vários tipos de gestão de resíduos no relatório da Comissão Europeia (1997), aquele que acarreta menor custo económico;

2. produção de matérias-primas mais baratas para as indústrias transformadoras (Beigl e Salhofer, 2004; Martinho e Gonçalves, 2000; Serviços Municipalizados de Loures, 2000);

3. poupança de matérias-primas virgens e, conseqüentemente, de energia e água (Batoool *et al.* 2008; Martinho e Gonçalves, 2000; Serviços Municipalizados de Loures 2000; European Commission, 1997);

4. poupanças ambientais nas emissões atmosféricas, conseqüentes da redução de energia, bem como redução nos efluentes líquidos por parte das indústrias transformadoras e das indústrias extractoras de matérias-primas (Craighill, e Powell, 1996).

5. criação de novos negócios, associados a empresas que recolhem e processam os materiais recolhidos, e que produzem e distribuem bens confeccionados com materiais reciclados

Os resíduos recicláveis não só trazem benefícios financeiros para as indústrias transformadoras, como também para os operadores de recolha (sistemas municipais e autarquias), os quais recebem valores de contrapartida financeira que, em Portugal, são pagos pela SPV, em função da quantidade de resíduos urbanos de embalagens recolhidos selectivamente.

As quantias pagas pela SPV apresentam-se no Quadro 2.1, devendo-se ler que: abaixo de X1 recebem o valor P1, entre X1 e X2 recebem o valor P2, entre X2 e X3 recebem o valor P3 e acima de X3 recebem P4.

Quadro 2.1 - Valores de contrapartida financeira, pagos pela Sociedade Ponto Verde (SPV), em função da quantidade de resíduos urbanos de embalagens recolhidos selectivamente

	Kg / habitante			€/ tonelada			
	X1	X2	X3	P1	P2	P3	P4
Vidro	< 14,3	<24,5	<40,8	35	48	60	35
Papel	<8	<10	<15	135	151	166	135
Ecal	<0,3	<1,8	<3	770	823	876	770
Plásticos	<2,1	<3,6	<15,3	770	823	876	770
Aço	<0,4	<0,7	<4,1	600	644	688	600
Alumínio	<0,02	<0,04	<0,86	766	1 016	1 283	766

Fonte: Sítio da SPV

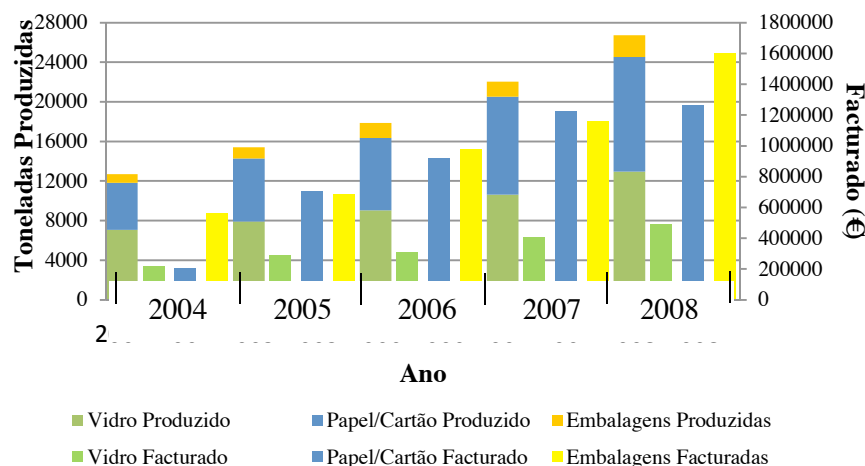
Os trabalhos de Yu *et al.* (1996) e Leu e Lin (1998), que incidiram numa fundação sem fins lucrativos de recolha de resíduos recicláveis, concluíram que o sucesso financeiro dos programas de reciclagem está fortemente ligado ao preço das matérias-primas puras. Nas suas análises de custo/benefício mostraram que os programas de reciclagem em anos em que os custos das matérias-primas puras foram mais elevados, conseguiram gerar receitas suficientes com a venda de materiais recicláveis de modo a cobrir as despesas. No entanto, nos anos em que os preços das matérias-primas puras foram mais baixos, a sua prestação financeira foi também mais baixa, havendo necessidade de recorrer a subsídios estatais.

2.2.2 Os custos com a reciclagem

São vários os factores na reciclagem que trazem custos económicos e ambientais.

Antes de analisar os vários tipos de custos, vejamos, no Gráfico 2.1, os benefícios económicos que a empresa ALGAR, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A. obteve no período entre 2004 e 2008 com os principais resíduos recicláveis (vidro, papel/cartão e embalagens) produzidos, isto é, recolhidos e triados.

Gráfico 2.1 - Representação das toneladas produzidas e facturação, para os três resíduos mais reciclados, no período compreendido entre 2004 e 2008



Fonte: ALGAR

Há no entanto que ter em consideração que estes rendimentos acarretaram custos económicos e ambientais prévios, tanto com o processo de recolha como com o de triagem. Relativamente aos custos económicos, estes são geralmente superiores aos benefícios conseguidos, acabando os rendimentos obtidos por se transformarem numa ajuda para pagar os custos de ambos os processos (Yu *et al.*, 1996; Leu e Lin, 1998).

A análise feita no relatório da Comissão Europeia (1997) sugere que os custos financeiros da recolha vão depender muito do tipo material recolhido e que as recolhas em meio rural representam maiores custos financeiros do que as recolhas em meio urbano, ideia corroborada pelo estudo de Bel e Mur (2009).

Os custos do processo de reciclagem irão ser descritos com mais detalhe no Capítulo 3.

2.2.3 O sucesso da reciclagem

Cada material reciclável tem um ciclo específico que compreende um conjunto de etapas; tem início num dado produto que se torna num resíduo reciclável, passando depois pela sua deposição, recolha, transporte para as estações de triagem, processamento, transporte para as indústrias recicladoras, transformação num produto reciclado, distribuição, comercialização, finalizando no seu consumo (Martinho e

Gonçalves, 2000). Contudo, qualquer quebra neste ciclo poderá comprometer o seu sucesso e, conseqüentemente, o sucesso da reciclagem. Assim, torna-se importante analisar os eventuais factores que o possam pôr em causa.

Actualmente, e de acordo com Luís Veiga Martins (Director Geral da SPV), as populações estão cada vez mais empenhadas em separar e depositar as embalagens usadas nos ecopontos, estando mais conscientes da importância da reciclagem e de que aquilo que hoje é um resíduo amanhã poderá ser uma nova matéria-prima. Este facto é comprovado pelo aumento de 12% no volume de embalagens usadas retomadas e encaminhadas para reciclagem em 2009, face ao ano de 2008, registado pela SPV (Sitio SPV 19/5/2010).

No entanto, segundo Martinho e Gonçalves (2000), são quatro os principais factores que poderão constituir barreiras ao sucesso da reciclagem:

1. a adesão ou não adesão dos cidadãos aos sistemas de recolha selectiva;
2. a baixa procura de produtos reciclados por parte dos consumidores;
3. a competição com as matérias-primas virgens (sobretudo devido ao elevado custo de transporte e de processamento dos resíduos recicláveis) e
4. o grau de contaminação dos resíduos e as dificuldades no processamento e preparação para as indústrias de reciclagem.

O que poderá ser então um factor de adesão ou não adesão aos programas de recolha selectiva?

Segundo Sidique *et al.* (2010a), Sidique *et al.* (2010b), Hage e Söderholm (2008), Speirs e Tucker (2001), Kinnaman e Fullerton (2000), Martinho e Gonçalves (2000), The Kindred Association (1994) e Vining *et al.* (1992), são vários os factores que, poderão estar na origem da adesão ou não adesão aos programas de recolha selectiva, factores este que vão desde:

1. características sócio-demográficas – idade, tamanho do agregado familiar, nível sócio-económico, grau de educação, informação e conhecimento sobre os sistemas de recolha;

2. características psicossociais – altruísmo, grau de preocupação em relação à problemática dos resíduos, valores, atitudes, motivações, influência social, hábitos de deposição dos resíduos, incentivos económicos;

3. situações operacionais dos sistemas – grau de informação dos utentes, carácter voluntário ou obrigatório dos programas, grau de separação na fonte, características urbanas, aspectos estéticos, higiene e segurança dos locais de deposição, número de recipientes, distâncias e tipo de recipientes para a deposição selectiva.

De salientar que, relativamente a este último factor (situação operacional) alguns autores consideram que o sistema de reciclagem terá mais sucesso se:

a) - não implicar um grande número de separações na fonte (Martinho e Gonçalves, 2000);

b) - os equipamentos de deposição estiverem convenientemente localizados, perto de locais de passagem e não muito distantes das habitações (Lin *et al.*, 2010; González-Torre e Adenso-Díaz, 2005 e Martinho e Gonçalves, 2000);

c) - os sistemas de reciclagem não exigirem alterações muito significativas dos hábitos quotidianos (Martinho e Gonçalves, 2000);

d) - a manutenção dos sistemas, em termos de higiene e segurança, for visível para os utilizadores (Martinho e Gonçalves, 2000 e The Kindred Association, 1994);

e) - for feita uma boa promoção dos sistemas, com aplicação das estratégias de mudanças de comportamentos mais adequadas aos diferentes segmentos da população, em função das suas características específicas (Kaplowitz *et al.*, 2009; Barr *et al.*, 2003; Fernández-Bouza, 2001 *in* M. Soto e A. Vega; Evison e Read, 2001; Martinho e Gonçalves, 2000; Read, 1999 e The Kindred Association, 1994).

2.2.4 A promoção da reciclagem

Quando o objectivo de uma intervenção implica mudanças de hábitos na população, as actividades de educação ambiental e as campanhas promocionais adquirem uma importância especial. No caso do processo da reciclagem, o objectivo é incrementar a sensibilidade ambiental da população, de modo que esta fique envolvida e motivada, até que se consiga uma mudança nos hábitos quotidianos (Kaplowitz *et al.*, 2009; Barr *et al.*, 2003; Fernández-Bouza, 2001 *in* M. Soto e A. Vega; Evison e Read, 2001; Read, 1999 e The Kindred Association, 1994)

De acordo com Grodzinska-Jurczak *et al.* (2006), apesar de existirem vários procedimentos técnicos com o objectivo de motivar as populações na gestão dos resíduos, nomeadamente da reciclagem, poucos foram aqueles que contribuíram para uma redução na produção de resíduos indiferenciados e, ao mesmo tempo, para uma maior taxa de recolha de resíduos recicláveis. Por este motivo, a escolha dos meios pelo qual se fará uma campanha promocional é de primordial importância.

Grodzinska-Jurczak *et al.* (2006) constataram que os métodos de promoção tradicionais, tais como campanhas nos *media*, folhetos e anúncios de jornais, apenas conseguem atingir um limitado nível de sucesso no público.

Grodzinska-Jurczak *et al.* (2006) e Read, (1999) concluíram que as técnicas onde é usado o contacto pessoal contribuem para taxas de participação maiores e, conseqüentemente, maiores taxas de reciclagem. Esta conclusão foi depois corroborada por Cotterill *et al.* (2009) que concluíram que, quando bem elaborada, uma campanha porta-a-porta poderá conduzir a um aumento de 5% nas taxas de reciclagem. Cotterill *et al.* (2009) afirmam que, à partida, este tipo de campanha terá maior sucesso quando realizadas em zonas de baixa taxa de reciclagem.

Contudo, o sucesso com as taxas de reciclagem atingidas após as campanhas e a sua permanência, não depende apenas dos conteúdos e formatos das mesmas, mas também da frequência com que esta informação é transmitida (Kaplowitz *et al.*, 2009 e Evison e Read, 2001).

Outro tipo de campanhas de promoção da reciclagem, para locais com baixas taxas de participação, processa-se através de incentivos (Cotterill *et al.*, 2009). Podem apontar-

se, a título de exemplo, dois casos: o de Curitiba no Brasil, onde, em determinados dias da semana, “à porta” de algumas favelas, uma viatura compartimentada trocava os materiais que os habitantes levavam por senhas de transporte e de alimentação e; o de Vallejo, um subúrbio de São Francisco, Califórnia (E.U.A.), onde um serviço móvel fazia paragens de 10 a 15 minutos em locais pré-estabelecidos, (escolas e igrejas), onde os materiais eram pesados e comprados (Martinho e Gonçalves, 2000). Todavia, tal como Cotterill *et al.* (2009) concluíram através de um inquérito a residentes de Londres, a utilização de incentivos financeiros pode acabar por suprimir a anterior motivação intrínseca para a reciclagem.

Com efeito, existe uma grande variedade de meios que podem ser usados como campanhas de promoção de programas de reciclagem. Porém, segundo Kaplowitz *et al.* (2009), as campanhas, na grande maioria das vezes, não são escolhidas tendo em vista a busca da maior eficácia e das preferências do público-alvo, mas sim de acordo com os orçamentos do projecto e as preferências dos seus implementadores. Por esta razão, é considerado muito importante não só compreender as preferências do público-alvo dos programas de reciclagem, como também perceber o potencial que determinados *media* podem trazer. Só assim é possível construir uma campanha mais eficaz (Kaplowitz *et al.*, 2009).

O quadro seguinte apresenta alguns métodos mais comuns de promoção da gestão de resíduos, utilizados por diversos governos locais de todo o mundo.

Quadro 2.2 – Métodos mais comuns para os governos locais promoverem a gestão de resíduos

Abordagem Passiva	Abordagem Activa	Abordagem Interactiva
<ul style="list-style-type: none"> - Publicidade nos veículos de recolha - Exibições em feiras e em eventos públicos - Folhetos domésticos - Artigos de jornais sobre resíduos todos os meses - Autocolantes para designar recipientes para a reciclagem 	<ul style="list-style-type: none"> - Cartões distribuídos porta a porta para explicar o sistema - Distribuição gratuita de receptáculos para reciclagem - Vídeos promocionais - Promoções sazonais para encorajar a participação - Placas de exposição 	<ul style="list-style-type: none"> - Questionários porta-a-porta - Apresentações em escolas, para grupos ou em conferências - Reuniões públicas - <i>Spots</i> de rádio, anúncios - Telefone para questões - Visitas aos centros de reciclagem/instalações educacionais

Fonte: Adaptado de (Read, 1999)

Segundo Fernández-Bouza, (2001) *in* M. Soto e A. Veja (2001), nenhum plano para a gestão da recolha selectiva poderá ser eficaz se não for precedido de campanhas de educação ambiental; de acordo com este autor, é necessário mostrar que o lixo não desaparece ao depositarmos-lo nos contentores, mas sim, que este se vai acumulando dia-a-dia.

2.2.5 Tipos de recolha

Os municípios, na tentativa de promover a reciclagem e a separação dos resíduos recicláveis por parte dos seus munícipes, têm tentado implementar sistemas de recolha selectiva adequados a cada zona, consoante o tipo de habitações, e tendo em conta se o meio é rural ou urbano. Contudo, há que ter em conta que o método mais adequado para um município, pode não ser o mais eficaz para outro com características semelhantes.

Assim, estão em funcionamento dois sistemas de separação e recolha distintos:

1. o sistema de separação em ecopontos colocados em locais estratégicos na via pública;
2. o sistema de recolha porta-a-porta.

2.2.5.1 Recolha por Ecopontos

Primeiramente, convém clarificar a definição do termo ecoponto, uma vez que este pode ter dois significados: um, referindo-se apenas ao contentor específico para a deposição selectiva de resíduos; outro, referindo-se ao conjunto dos três contentores para deposição selectiva dos mesmos. No decorrer deste trabalho a utilização do termo ecoponto irá estar relacionada com os contentores em si.

A recolha selectiva por ecoponto apresenta várias vantagens e desvantagens (The Kindred Association, 1994).

Vantagens deste tipo de recolha:

- a) - a operação de recolha dos contentores é relativamente rápida;
- b) - os ecopontos são bastante resistentes;
- c) - os ecopontos são estruturas geralmente móveis, podendo mudar de localização conforme as necessidades.

Desvantagens:

- a) - custos elevados de aquisição dos equipamentos de deposição;
- b) - necessidade de veículos especiais para a recolha;
- c) - impacte visual na via pública;
- d) - necessidade de deslocações por parte da população.

2.2.5.1.1 Localização de Ecopontos

Vários investigadores assinalaram que o sucesso da reciclagem dos resíduos domésticos está dependente da participação dos residentes, o que, por sua vez, é fortemente influenciado pela proximidade dos locais de depósito; importa deste modo, para aumentar a participação da reciclagem residencial, ter acessos práticos e convenientes àqueles locais (Lin *et al.*, 2010). González-Torre e Adenso-Díaz (2005) tinham também concluído que a frequência com que se participa nos programas de reciclagem e o seu conseqüente sucesso, está fortemente associado à distância entre os locais de depósito e as residências.

Também Speirs e Tucker (2001) analisaram o perfil das pessoas que participavam nos programas de reciclagem, concluindo que apenas 22% faziam viagens adicionais até aos locais depósito de resíduos recicláveis e que mais de 50% dos esforços desses participantes são motivados pela boa localização dos locais de depósito. É considerado, pois, muito importante saber quando determinada região geográfica necessita ou não de novos depósitos de reciclagem. Em sintonia com o modelo criado por Lin e Chen

(2009), são indicadores importantes, para a escolha de locais de depósito, a acessibilidade espacial, a carga populacional e também a eficiência de integração.

Assim existem diversos critérios para a escolha de locais para a colocação de ecopontos:

1. os ecopontos deverão ser colocados em locais que não obriguem a grandes alterações nos percursos habituais da população, uma vez que os depósitos são voluntários; devem também estar em locais onde a produção de resíduos seja elevada, caso dos cafés, restaurantes, escritórios, etc. (Lin *et al.*, 2010; González-Torre e Adenso-Díaz, 2005; Martinho e Gonçalves, 2000; The Kindred Association, 1994);

2. no caso de colocação do ecoponto em meio rural, o local escolhido deverá ser uma passagem obrigatória, tal como as entradas e saídas dos aglomerados (OTTO, 1998);

3. os locais escolhidos deverão ter boa iluminação, o que implicará uma maior sensação de segurança por parte da população, aquando da utilização nocturna (OTTO, 1998; The Kindred Association, 1994);

4. há também que ter em conta o ruído produzido na utilização e recolha dos ecopontos, em especial no caso do vidro; assim, aqueles não deverão ser colocados muito próximos das residências, devendo também ser evitado a sua recolha em horas mais tardias (OTTO, 1998; The Kindred Association, 1994);

5. importa, finalmente, que os locais escolhidos tenham espaço suficiente para a circulação de pessoas e, sobretudo, para as manobras realizadas pelas viaturas de recolha (OTTO, 1998).

2.2.5.1.2 Tipos de Ecopontos

A escolha das características dos equipamentos de deposição está igualmente dependente de algumas condicionantes, como as características urbanas locais, a capacidade de deposição, o número de recipientes necessários, o tipo de veículos para a sua recolha, entre outros (Martinho e Gonçalves, 2000).

Os contentores poderão também ser de superfície ou enterrados, podendo ter, em qualquer das situações, a mesma ou diferentes dimensões. No caso de terem diferentes dimensões os ecopontos de vidro serão na generalidade de menor capacidade, do que os ecopontos papel/cartão e embalagens, pois a alta densidade do vidro tornaria o respectivo contentor demasiado pesado, dificultando o seu levantamento.

2.2.5.1.3 Equipamentos de recolha

A escolha das viaturas de recolha depende naturalmente do tipo de ecopontos, uma vez que estes poderão ter diferentes métodos de recolha. No entanto, são na maioria dos casos viaturas pesadas, com ou sem grua, e com contentores de grandes dimensões com ou sem compactadores (Martinho e Gonçalves, 2000).

A recolha dos ecopontos poderá ainda ser efectuada com as viaturas utilizadas nas recolhas dos resíduos indiferenciados, embora em dias diferentes, permitindo desta forma a redução de custos na compra de novas viaturas (Serviços Municipalizados de Loures, 2000).

2.2.5.2 Recolha porta-a-porta

Este tipo de recolha é muito popular uma vez que dispensa a deslocação a locais específicos para depositar os resíduos (The Kindred Association, 1994).

No tipo de recolha porta-a-porta, a separação dos resíduos, à semelhança da recolha por ecopontos, é voluntária; no entanto, os residentes são estimulados a pôr os seus resíduos recicláveis num saco ou num caixote diferente do que é utilizado para os resíduos indiferenciados, colocando-os depois fora das habitações, no dia destinado às suas recolhas. Este tipo de recolha acarreta maiores custos; contudo, permite atingir taxas de reciclagem mais elevadas, uma vez que é mais o cómodo para os utentes (Serviços Municipalizados de Loures, 2000; Craighill e Powell, 1996; The Kindred Association, 1994).

2.2.5.2.1 Tipos de Ecopontos

Na recolha porta-a-porta realizada, por exemplo, pelos Serviços Municipalizados de Loures, são vários os tipos de ecopontos possíveis:

1. às habitações em altura são fornecidos, a cada uma destas, três cestos empilháveis, normalmente com uma capacidade de 50 litros que, quando cheios, poderão ser transferidos para um dos três contentores semelhantes aos utilizados para os resíduos indiferenciados pertencentes ao prédio urbano onde residem. Estes três contentores têm a particularidade de serem coloridos, de acordo com as cores que diferenciam cada tipo de material (Serviços Municipalizados de Loures, 2000).

2. as habitações unifamiliares e bifamiliares recebem, à semelhança das habitações em altura, três cestos para a recolha dos diferentes resíduos, que serão depois colocados na rua no dia específico para as suas recolhas (Serviços Municipalizados de Loures, 2000)

3. existem também municípios que, em vez de cesto, fornecem sacos transparentes para a separação dos resíduos recicláveis.

2.2.5.2.2 Equipamentos de recolha

Os equipamentos para a recolha de resíduos recicláveis, ainda no caso dos Serviços Municipalizados de Loures, vão depender do local onde aquela irá ser feita, de acordo com a maior ou menor produção de resíduos. No caso das habitações em altura, as recolhas são efectuadas com três viaturas, uma para cada tipo de material; para as moradias unifamiliares e bifamiliares as recolhas são feitas apenas com duas viaturas, uma para o papel e outra, com dois compartimentos, para o vidro e as embalagens. Tanto numa como noutra das situações, no dia da recolha de resíduos recicláveis a recolha de resíduos indiferenciados é interrompida (Serviços Municipalizados de Loures, 2000).

2.2.6 O transporte

Os custos de transporte são o factor mais crítico na recolha de resíduos urbanos; incluem os veículos, o consumo de combustível e a mão-de-obra (Martinho e Gonçalves, 2000). O estudo deste parâmetro é, por isso, muito importante, pois com o desenvolvimento de sistemas de gestão de resíduos mais modernos e com o aumento do interesse com as questões ambientais a nível internacional, tem aumentado também a distância de transporte e recolha de vários tipos de materiais usados e irrecuperáveis, bem como a recolha de embalagens para reciclagem e reprocessamento (Figueiredo e Mayrele, 2008; Salhofer *et al.* 2007).

Quando as distâncias de transporte entre os locais de recolha e de triagem são pequenas, aquele é feito pelas próprias viaturas de recolha; no entanto, quando aquelas distâncias começam a ser críticas, isto é, quando deixa de ser rentável que o transporte seja efectuado pelas viaturas de recolha, torna-se necessário recorrer a estações de transferência, onde é feito o transbordo dos resíduos para viaturas de maiores dimensões (Martinho e Gonçalves, 2000). Desta maneira, o transporte para longas distâncias, por veículos com grande capacidade de carga, é mais barato do que a utilização de vários veículos com capacidades de carga mais reduzidas (Bovea *et al.* 2007).

As estações de transferências são locais de descarga dos resíduos, com o objectivo de os preparar para o transporte para os locais de tratamento ou valorização; são habitualmente colocadas quando as distâncias do centróide do circuito ao local de deposição são superiores a 20 km (Martinho e Gonçalves, 2000).

2.2.6.1 Rotas

A recolha e o transporte dos resíduos são realizados através de rotas, cujo itinerário obedece a um planeamento prévio, em termos de sequência de pontos de recolha e de ruas a percorrer, bem como de dias e horários de recolha. As rotas devem incluir circuitos que minimizem as distâncias e tempos de percurso, o que trará não só redução de custos económicos, mas também benefícios ambientais, uma vez que será gasto menos combustível (McLeod e Cherrett, 2008).

Quando bem conseguidas, as rotas devem poder ser cumpridas no tempo estipulado, sem necessidade de recorrer a horas extraordinárias e sem que se use integralmente o número de horas diárias da equipa de trabalho. Estas deverão também ser elaboradas de modo a minimizar o número de circuitos, tentando que as viaturas não tenham que percorrer a mesma rua mais do que uma vez (Martinho e Gonçalves, 2000).

2.2.7 As estações de triagem

Depois de os resíduos serem transportados e antes da última fase do processo de reciclagem (encaminhamento para a indústria recicladora), estes passam por estações de triagem, onde são separados de forma manual e automática (Martinho e Gonçalves, 2000). A separação manual tem a vantagem de, com um menor investimento inicial, conseguir um grau de separação mais elevado. No entanto, apresenta também desvantagens tais como a mão-de-obra intensiva com custos elevados e com variações de eficiência devido à fadiga, implicando o risco de acidentes de trabalho (Martinho e Gonçalves, 2000).

A separação semi-automática combina a separação manual com a mecânica, o que permite não só um decréscimo dos custos unitários de separação, como também melhorias na separação dos vários tipos de materiais e nas condições de segurança do pessoal (Martinho e Gonçalves, 2000).

Na separação automática os sistemas são completamente automáticos, separando os materiais de acordo com as suas características físicas, tamanho, peso e área superficial. Embora este processo tenha um custo de investimento elevado, os custos com mão-de-obra são naturalmente inferiores. Contudo, a qualidade da separação é inferior à conseguida com a triagem manual (Martinho e Gonçalves, 2000).

2.3 As políticas ambientais

2.3.1 As estratégias ambientais

De modo a conservar recursos, reduzir a dependência dos aterros sanitários e combater os problemas associados com o método tradicional de lidar com os resíduos, os diferentes países têm vindo a adoptar medidas duras, através da criação de políticas para fomentar a reciclagem e reduzir a produção de resíduos (Kipperberg, 2007).

Nos Estados Unidos, no ano de 2007, as empresas, as instituições e os residentes particulares produziram aproximadamente 254 milhões de toneladas de RSUs, tendo sido mais de 50% colocados em aterros sanitários (Sidique *et al.*, 2010b). A crescente produção de resíduos, combinada com as preocupações de disponibilidades de espaço e de custos em aterros sanitários, levaram os reguladores e formuladores de políticas dos Estados Unidos a criarem reformas da política de RSUs a todos os níveis, desde as comunidades locais aos estados federais. Com o objectivo de reduzir a entrada de resíduos em aterros sanitários, foram criados vários programas visando a redução de resíduos, a reciclagem e a compostagem, através da cobrança de diferentes taxas, consoante a quantidade de resíduos recicláveis e de resíduos indiferenciados depositados (Sidique *et al.*, 2010a; Sidique *et al.*, 2010b).

Também a União Europeia introduziu várias medidas com a finalidade de reduzir a quantidade de resíduos enviados para eliminação final, tendo fixado objectivos para a quantidade de resíduos de embalagens (Vidro, Papel/Cartão, Plástico/Metal) que deverão ser reciclados (Comissão Europeia, 2006).

Os regulamentos de gestão de resíduos na Europa foram, durante as últimas duas décadas, focados na redução do impacto ambiental, através do tratamento de resíduos e da conservação dos recursos, a partir do reaproveitamento dos resíduos recicláveis. Esta política é ilustrada pela hierarquia de resíduos, que é o princípio da legislação vigente, com a seguinte ordem de prioridades: prevenção de resíduos, reutilização, reciclagem, valorização e eliminação (Larsen *et al.*, 2010).

O planeamento e a gestão de resíduos, englobando todas as tipologias e as suas diversas origens, constituem o objectivo das políticas neste domínio do ambiente,

assumindo um papel de relevo de carácter transversal, pela incidência na preservação dos recursos naturais e noutras estratégias ambientais.

2.3.2 As políticas de resíduos em Portugal

Em Portugal, o regime jurídico de gestão de resíduos foi aprovado pela primeira vez através do Decreto-Lei n.º 488/85, de 25 de Novembro. Este decreto veio a sofrer algumas alterações, dadas as evoluções rápidas do direito comunitário, consignadas no Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de Setembro, actualmente em vigor. Este último documento determinava a elaboração de cinco planos de gestão de resíduos, um de âmbito nacional e quatro de âmbito sectorial, para cada uma das categorias de resíduos: urbanos, hospitalares, industriais e agrícolas. Estes quatro planos sectoriais vieram, por sua vez, substituir três outros, então em vigor, entre os quais o Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU) (sítio Agência Portuguesa do Ambiente, 21/5/2010).

Em 2006, o Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro (sítio Agência Portuguesa do Ambiente, 21/5/2010) (Lei-Quadro dos Resíduos) veio criar a Autoridade Nacional de Resíduos. Este organismo prevê, no seu enquadramento legislativo, a existência de um “Mercado de Resíduos”. A gestão adequada deste último pode contribuir para a preservação dos recursos naturais, tanto ao nível da prevenção, reciclagem e valorização, como de outros instrumentos jurídicos específicos. Constitui, simultaneamente, o reflexo da importância deste sector, encarado não só na sua vertente ambiental, mas também como promotor de actividade económica, tendo em conta os desafios que se colocam aos responsáveis pela execução das políticas, bem como a todos os intervenientes na cadeia de gestão. Estes intervenientes incluem a Administração Pública, os diversos operadores económicos, bem como os cidadãos em geral, enquanto produtores de resíduos e agentes indispensáveis da prossecução destas políticas.

Actualmente está em vigor o 2º Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II) que define as prioridades e estabelece as metas a atingir, no período entre 2007 e 2016, em matéria de RSUs. Este plano, no que se refere à promoção da reciclagem, recomenda uma maior aposta na investigação e desenvolvimento de

materiais produzidos através de matérias-primas secundárias e de novas técnicas de reciclagem, defendendo ainda a necessidade de criar estratégias de *marketing* que certifiquem o escoamento dos produtos reciclados (Ministério do Ambiente, do Território e do Desenvolvimento Regional, 2007).

Em termos dos resíduos de embalagens (Vidro, Papel/Cartão, Plástico/Metal), o PERSU II estabelece que todos os sistemas multimunicipais deverão orientar a sua gestão para o cumprimento dos objectivos de reciclagem e valorização, decorrentes das directivas relativas à gestão de embalagens e resíduos de embalagens (Ministério do Ambiente, do Território e do Desenvolvimento Regional, 2007).

As metas a cumprir por Portugal em 2011 são:

Valorização total de resíduos de embalagem (> 60%), reciclagem total de resíduos de embalagem (55-80%), reciclagem de resíduos de embalagem de vidro (>60%), reciclagem de resíduos de embalagem de papel e cartão (>60%), reciclagem de resíduos de embalagem de plástico (>22,5%), reciclagem de resíduos de embalagem de metais (>50%).

De qualquer forma, há que ter sempre em conta que o desenvolvimento efectivo de políticas de sucesso e de planos de acção para a reciclagem, armazenamento e remoção dos resíduos têm de envolver a cooperação da população (Vining *et al.*, 1992).

2.3.3 As políticas municipais e o caso da região do Algarve

A região do Algarve, no que concerne à política ambiental de resíduos, segue as políticas e as metas nacionais impostas pelo PERSU II. Este documento delega a cada sistema municipal a responsabilidade de orientar a sua gestão de resíduos para o cumprimento das metas impostas.

Relativamente à colocação de novos ecopontos, no caso da região algarvia, a responsabilidade está a cargo das respectivas Câmaras Municipais da região, bem como da empresa, pertencente ao sistema multimunicipal, ALGAR, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.. Neste último caso, a colocação de novos ecopontos é feita a

pedido das Câmaras Municipais ou de particulares. Em qualquer destas situações são analisados os locais, através de estatísticas de outros ecopontos próximos, carecendo a colocação final dos ecopontos da aprovação da Câmara Municipal em questão.

3

O PLANEAMENTO E A GESTÃO DE RESÍDUOS

3.1 O planeamento do processo de recolha e triagem

Os circuitos e horários de recolha dos ecopontos são planeados pelo gabinete de gestão de informação, tendo por base:

1. a análise dos dados recolhidos pelo Sistema de Gestão de Recolha Selectiva, relativos ao circuito feito anteriormente;
2. os gráficos de frequência predefinidos dos circuitos de recolha;
3. as escalas de serviço dos colaboradores (motorista e/ou auxiliar);
4. a informação recebida pela Linha Verde/Central Telefónica, informando a necessidade de recolha;
5. disponibilidade e características das viaturas;
6. acções de manutenção preventiva das viaturas.

Depois de recolhidos, os materiais são transportado para as unidades de triagem, onde são descarregados e correctamente separado por fileira e tipo de material, para posteriormente ser encaminhado para reciclagem.

3.2 A gestão do processo de recolha e triagem

A gestão dos processos de recolha e triagem de resíduos recicláveis envolve várias etapas que vão muito para além das recolhas dos resíduos efectuadas pelos motoristas das viaturas de recolha. As Figuras 3.1 e 3.2 apresentam os fluxogramas de todo o processo de recolha e triagem dos resíduos recicláveis da empresa ALGAR, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A. Podemos deste modo verificar que os processos de recolha e triagem têm início no “Planeamento da Recolha Selectiva de Recicláveis”, terminando na última fase do processo de triagem “Encaminhamento para Entidade Gestora ou Retomador Licenciado”.

Figura 3.1 – Fluxograma do procedimento de gestão e de recolhas selectivas da empresa ALGAR, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.



Fonte: ALGAR

Figura 3.2 – Fluxograma do procedimento de triagem de resíduos da empresa ALGAR, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.



Fonte: ALGAR

3.3 Os custos do processo de recolha e triagem

O processo de reciclagem acarreta vários custos, estando estes associados quer ao processo de recolha, quer ao processo de triagem dos materiais recolhidos.

Após uma análise dos custos do processo de reciclagem da empresa ALGAR, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A. verificámos que a grande maioria dos custos, tanto do processo de reciclagem como do processo de triagem, está

relacionada com os custos com o pessoal, cerca de 36%, sendo estes custos devidos sobretudo às remunerações, seguros de acidentes de trabalho, fardamentos e formações.

Outra grande fatia dos custos, cerca de 34%, está associada às amortizações de edifícios e equipamentos relativas aos dois processos. Seguidamente estão os custos associados com o fornecimento de serviços (18%), na sua maioria relativos à conservação e reparação dos equipamentos do processo de recolha.

Os custos das mercadorias vendidas e das matérias consumidas, ocupam a seguinte fatia da despesa, com cerca de 11%; destes, 88% são dispendidos com combustíveis e lubrificantes relativos ao processo de recolha, representando 9,4% do total dos custos dos dois processos.

Os restantes custos, cerca de 1,5%, são relativos a pagamento de impostos e a custos e perdas operacionais, financeiras e extraordinárias.

4

A METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO

4.1 Contextualização da investigação

Na sequência de políticas ambientais que vieram impor maiores taxas de recolha de resíduos recicláveis, têm vindo a ser criadas empresas como a ALGAR, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.. A ALGAR foi constituída em 20 de Maio de 1995, pelo Decreto-Lei nº 109/95, que determinou a criação de um Sistema Multimunicipal, destinado ao desenvolvimento, concepção, construção e exploração de um processo de "recolha selectiva, triagem e tratamento de resíduos sólidos urbanos do Algarve".

De modo a cumprir estes objectivos, foi celebrado um contrato de concessão entre o Estado Português e a ALGAR, assim como contratos de entrega e recepção de RSUs e de recolha selectiva com os municípios do Algarve.

A estrutura accionista da ALGAR integra a E.G.F. – Empresa Geral do Fomento, S.A. que detém a maioria do Capital Social, com 56%, e os 16 municípios do Algarve com os restantes 44%. Esta estrutura está enumerada detalhadamente no Quadro 4.1, indicando a percentagem do Capital Social correspondente a cada município.

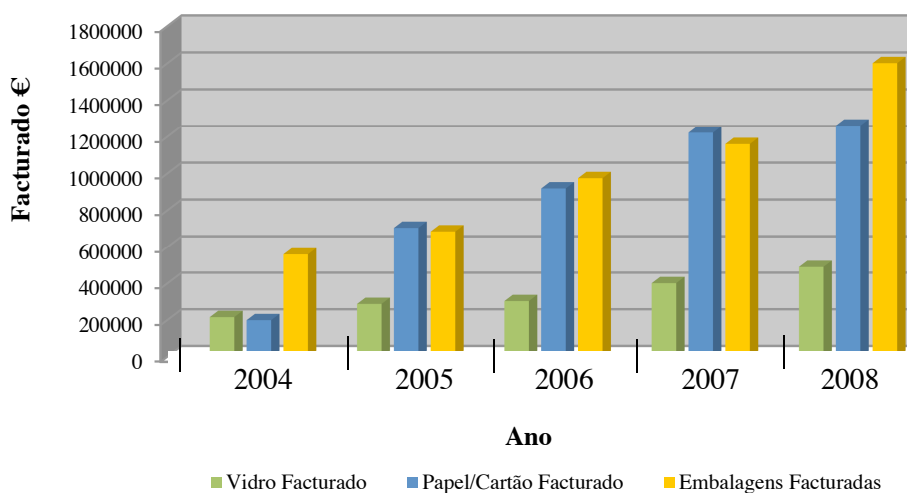
Quadro 4.1 – Estrutura accionista da empresa ALGAR, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.

Accionistas	Acções %
Empresa Geral do Fomento, SA	56,000%
Município de Albufeira	5,660%
Município de Alcoutim	0,226%
Município de Aljezur	0,436%
Município de Castro Marim	0,561%
Município de Faro	6,416%
Município de Lagoa	2,677%
Município de Lagos	3,377%
Município de Loulé	5,827%
Município de Monchique	0,378%
Município de Olhão	4,485%
Município de Portimão	5,524%
Município de São Brás de Alportel	0,566%
Município de Silves	3,088%
Município de Tavira	2,129%
Município de Vila do Bispo	0,682%
Município de Vila Real de St. António	1,968%
	100,000%

Fonte: ALGAR

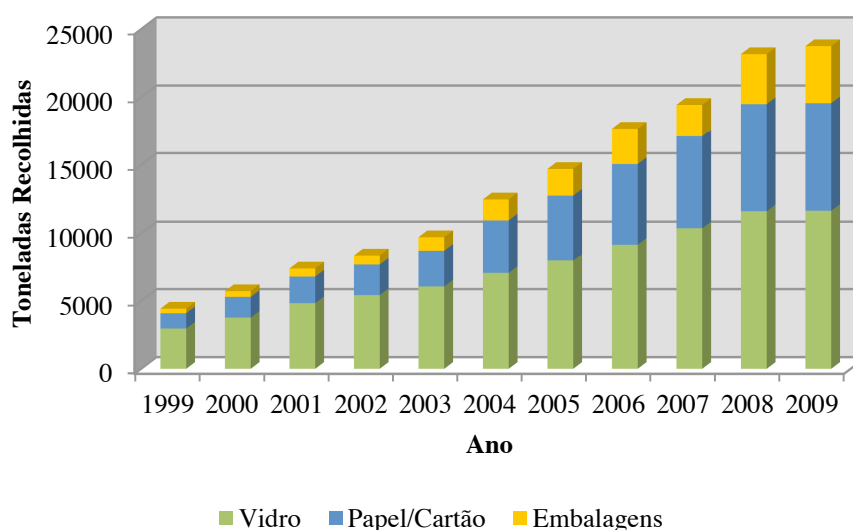
A importância da análise efectuada neste trabalho prende-se com o facto de a gestão de resíduos recicláveis ter vindo a crescer muito nos últimos anos, quer ao nível da facturação (Gráfico 4.1), quer ao nível do crescimento das toneladas recolhidas nos ecopontos (Gráfico 4.2).

Gráfico 4.1 – Facturação proveniente dos materiais mais produzidos



Fonte: ALGAR

Gráfico 4.2 – Toneladas recolhidas nos vários ecopontos

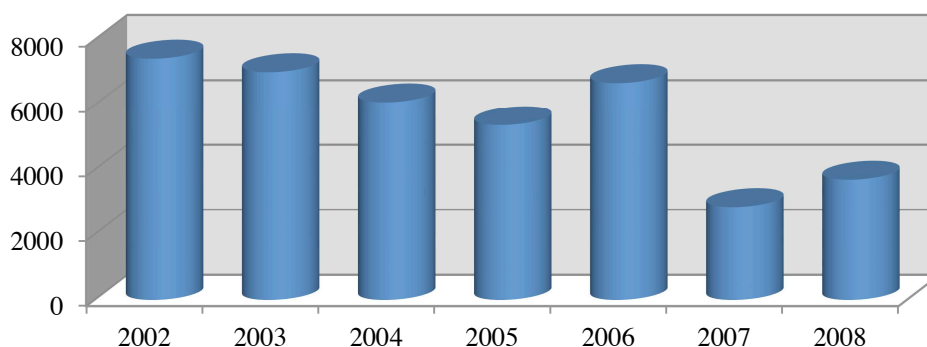


Fonte: ALGAR

O crescimento dos resíduos recicláveis recolhidos na região do Algarve está também associado ao crescimento das populações (Gráfico 4.3), à crescente consciencialização das mesmas no que diz respeito aos programas de reciclagem e ao facto de a região do Algarve, nos meses de Verão, ter um acréscimo de população flutuante que faz triplicar a população residente (Ministério do Ambiente e do Ornamento do Território, 2000).

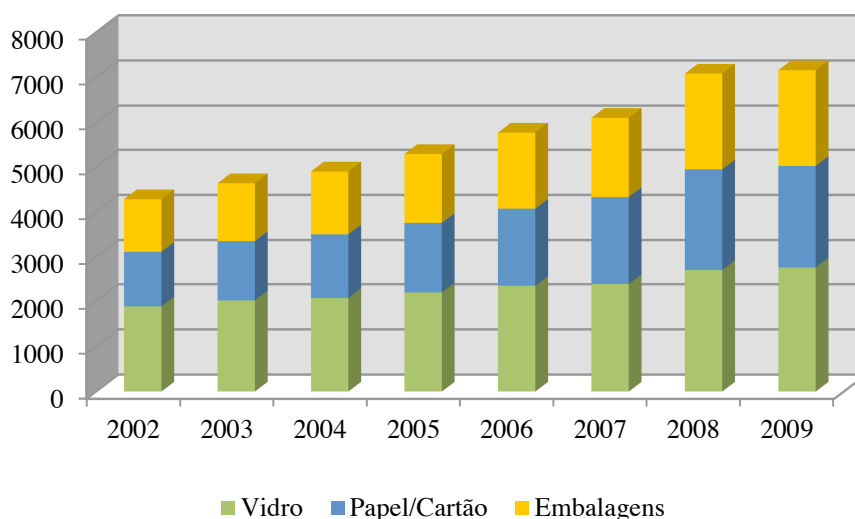
Directamente associados ao crescimento dos resíduos recicláveis recolhidos, estão o crescimento do número de ecopontos (Gráfico 4.4) e, por sua vez, o aumento da quantidade de recolhas e de quilómetros percorridos (Quadro 4.2).

Gráfico 4.3 – Crescimento populacional na região do Algarve no período de 2002 a 2009



Fonte: (INE, I.P.; 2007; 2008; 2009)

Gráfico 4.4 - Número total de ecopontos na região do Algarve no período de 2002 a 2009



Fonte: ALGAR

Quadro 4.2 – Quilómetros e Recolhas efectuadas no período de 2003 a 2009

	Recolhas Efectuadas	Quilómetros Percorridos
2003	84322	355880
2004	120873	381448
2005	148640	457530
2006	187951	513189
2007	184830	570272
2008	262734	724629
2009	278156	706224

Fonte: ALGAR

Uma vez que os custos de transporte e recolha são o factor mais crítico no processo de recolha de resíduos urbanos, os países mais industrializados têm tentado melhorar ao máximo as suas rotas de recolha (Martinho e Gonçalves, 2000; Nuortio *et al*, 2006).

Os estudos relativos ao processo de reciclagem tornam-se muito importantes; de acordo com Bohm *et al.* (2010) os custos deste processo, nomeadamente com a recolha, transporte para a triagem, triagem, mercado de resíduos e transporte para as indústrias transformadoras, excedem os custos de recolha e deposição como resíduo indiferenciado.

No entanto, aqueles investigadores não tiveram em conta os benefícios da reciclagem como objectivo global, tendo-se apenas centrado nos custos imediatos relativos aos processos de reciclagem e de resíduos indiferenciados. Numa perspectiva mais geral, Craighill e Powell (1996) e Huhtala (1997) comprovaram que a reciclagem, no seu todo, é economicamente e ambientalmente vantajosa.

Tomando como base as considerações anteriores, considerámos ser importante analisar como é que o crescimento dos ecopontos, dos quilómetros efectuados nas recolhas, das recolhas em si, bem como das toneladas recolhidas em cada levantamento de ecoponto, afectam os custos de recolha de cada material.

4.2 Definição das variáveis de estudo

São vários os factores que têm influência nos custos do processo recolha e triagem dos materiais. Contudo, esta investigação irá apenas centrar-se nos custos com o processo de recolha dos resíduos recicláveis, uma vez que esta representa cerca de 2/3 dos custos totais; desta forma, os custos são uma das variáveis em análise.

Os custos totais do processo de recolha, como visto no capítulo anterior, englobam custos tão diversos como: remunerações com pessoal, edifícios, equipamentos, combustível e comunicações. No entanto, de modo a que a divisão total dos custos do processo de recolha seja repartida de modo justo, consideramos pertinente analisar as variáveis que estão directamente ligadas às recolhas em si. Assim, foram utilizadas as três variáveis a) quilómetros percorridos por ecoponto, b) recolhas (levantamento) por ecoponto e c) toneladas por ecoponto. Esta última, embora possa parecer que esteja muito associada à variável recolha por ecoponto, de facto não o está, pois o custo de recolher dois ecopontos a meia capacidade não é o mesmo que recolher um ecoponto do mesmo material com capacidade total.

4.3 Recolha e tratamentos dos dados

Para a realização desta investigação foram tratados dados compreendidos no período entre 2003 a 2009, relativos aos custos que a empresa ALGAR, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A., suportou com a recolha de resíduos recicláveis. Aqueles dados foram facultados pela própria empresa.

Posteriormente, os dados recolhidos foram seleccionados e organizados com o auxílio do programa Excel, de modo a facilitar a sua análise, leitura e posterior utilização por parte dos programas MultBIPLLOT e Statistica 7.

O programa MultBIPLLOT foi utilizado para se proceder à representação espacial HJ-BIPLLOT (Galindo, 1986), como instrumento para identificar *clusters* de concelhos com padrões semelhantes, para o período em causa. Numa segunda fase, o programa Statistica 7 foi utilizado para se proceder a uma Análise de Correlações Canónicas (Hotelling, 1936), para cada tendência encontrada, por forma a identificar-se que

variáveis possuem maior influência em matéria de custos e, assim, avaliar a política de custos actualmente estabelecida pela ALGAR - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.

4.4 Metodologia

4.4.1 Metodologia BIPLLOT

Um BIPLLOT (Gabriel, 1971) é uma representação gráfica de dados multivariados. Da mesma forma que um diagrama de dispersão apresenta a distribuição conjunta de duas variáveis, um BIPLLOT representa três ou mais variáveis.

Um BIPLLOT para uma matriz de dados $X_{n \times p}$ é uma representação gráfica mediante marcadores a_1, a_2, \dots, a_n para as linhas de X y b_1, b_2, \dots, b_p para as colunas de X , de forma que o produto interno $a_i^T b_j$ aproxime o elemento x_{ij} da matriz de partida, tão bem como seja possível, ou seja:

$$X \cong A B^r \quad 4.1$$

Segundo Gabriel (1971), *“Toda a matriz de característica 2 pode ser representada graficamente por um BIPLLOT que consiste num vector para cada linha e num vector para cada coluna, escolhidos de modo que cada elemento da matriz seja exactamente o produto interno desses dois vectores. Se a matriz de dados tem característica superior a dois, essa matriz pode ser representada, de modo aproximado, por um BIPLLOT de uma matriz de característica 2”*.

O conceito de BIPLLOT significa que, no gráfico que representa X , existem dois tipos de marcadores: os marcadores (vectores) representativos dos indivíduos ($a_i, i=1, \dots, n$) e os marcadores (vectores) representativos das variáveis ($b_j, j=1, \dots, p$). O gráfico pode ser bidimensional ou tridimensional.

Segundo a definição anterior, dada a matriz de dados $X (n \times p)$, então:

$$X = [x_{ij}] = [a_i^T] = [\langle a_i, b_j \rangle] = [|a_i| |b_j| \cos \theta_{ij}] \quad 4.2$$

No caso da característica de $X_{n \times p}$ ($r = \min(n, p)$) ser superior a 3, a representação BIPLLOT será sempre uma aproximação dos dados. No entanto, quando a característica da matriz $X_{n \times p}$ é 2 ou 3, a representação dos dados no plano bifactorial ou trifactorial, respectivamente, é exacta.

O método de Gabriel (1971) utiliza a Decomposição em Valores Singulares (DVS) de X , como técnica para obter os marcadores das linhas/indivíduos e das colunas/variáveis, isto é:

$$X = (U \Sigma^\alpha)(V \Sigma^{1-\alpha})^T = AB^T \quad 4.3$$

com $A = U \Sigma^\alpha$ e $B = V \Sigma^{1-\alpha}$ sendo α um parâmetro que varia de modo contínuo no intervalo $[0, 1]$.

Se pretendermos visualizar os BIPLLOT quando $r > 3$, é necessário escolher uma dimensão $d \leq r$ para o espaço de representação aproximada de X .

Consideremos uma representação plana ($d=2$), onde os índices (2) identificam que se estão a considerar apenas 2 vectores singulares (esquerdos e direitos) resultantes dos 2 valores singulares mais altos. Neste caso, a DVS de X , é dada por:

$$X \cong U_{(2)} \Sigma_{(2)}^{(\alpha)} \Sigma_{(2)}^{(1-\alpha)} V_{(2)}^{(T)} \quad 4.4$$

de elementos, $x_{ij} \cong a_i^T b_j$, onde a_i é a i -ésima linha de $A = U_{(2)} \Sigma_{(2)}^{(\alpha)}$ e b_j é a j -ésima coluna de $B = V_{(2)} \Sigma_{(2)}^{(1-\alpha)}$.

Dado que $\alpha \in [0,1]$, Gabriel (1971) desenvolve o método para 3 valores pontuais de α , ou seja, para $\alpha = 0$, $\alpha = 1/2$ e $\alpha = 1$, o que dá origem aos métodos BIPLLOT Clássicos. Assim, quando $\alpha = 0$ temos o GH-BIPLLOT, quando $\alpha = 1/2$ temos o SQRT-BIPLLOT e quando $\alpha = 1$ temos o JK-BIPLLOT.

Consideremos a DVS de X , dada por:

$$X = U \Sigma^\alpha (V \Sigma^{1-\alpha})^T \quad 4.5$$

Quando, $\alpha = 0$, passamos a ter $X = U(\Sigma V^T)$, donde resulta $X^T U = \Sigma V$, que representa a projecção das variáveis (colunas) sobre as direcções principais. Assim, o método GH-BIPLLOT, permite a máxima representação das variáveis.

Quando, $\alpha = \frac{1}{2}$, a DVS toma a forma de $X = \left(U \Sigma V^{\frac{1}{2}} \right) \left(\Sigma^{\frac{1}{2}} V^T \right)$ atinge-se a mesma qualidade de representação para os indivíduos (linhas) e para as variáveis (colunas), mas não a máxima que é possível separadamente. O método SQRT-BIPLLOT é mais utilizado em matrizes simétricas.

Quando, $\alpha = 1$, passamos a ter $X = (U \Sigma) V^T$, donde resulta $X V = U \Sigma$, que representa a projecção das linhas (indivíduos) de X sobre as direcções principais. Assim, o método JK-BIPLLOT, permite a máxima representação dos indivíduos.

As propriedades destes tipos de BIPLLOT podem ver-se em Gabriel (1971).

Os métodos BIPLLOT funcionam como uma ferramenta de visualização de dados devido a duas propriedades essenciais: a propriedade do produto interno, que dá a representação exacta ou aproximada do individuo no espaço, e a propriedade de igualdade entre o co-seno do ângulo formado por 2 variáveis e o coeficiente de correlação entre as mesmas variáveis.

Devido a estas propriedades, os métodos BIPLLOT permitem visualizar:

1. a relação entre os marcadores coluna;
2. a relação entre os marcadores linha;
3. as interacções entre os marcadores linha e os factores coluna.

A representação BIPLLOT (onde o prefixo BI diz respeito à representação simultânea de indivíduos e variáveis) é mais informativa que qualquer diagrama de dispersão. Além desta vantagem, a fácil interpretabilidade das relações existentes entre os indivíduos, entre as variáveis e entre os indivíduos e as variáveis, torna-se uma mais-valia na difícil interpretação de dados multivariados no espaço.

As vantagens e propriedades dos BIPLLOT (Gabriel, 1971) são aplicáveis nos HJ-BIPLLOT desenvolvido por Galindo (1986), cuja fundamentação e interpretação serão apresentadas de forma detalhada na secção seguinte.

4.4.1.1 Método HJ-BIPLLOT

Um HJ-BIPLLOT (Galindo, 1986) para uma matriz de dados $X_{n \times p}$, define-se como representação gráfica multivariada mediante marcadores j_1, j_2, \dots, j_n para as linhas e h_1, h_2, \dots, h_p para as colunas de X , seleccionados de forma que ambos os marcadores possam sobrepor-se no mesmo sistema de referência com a máxima qualidade de representação. As linhas são representadas por pontos e as colunas por vectores.

O HJ-BIPLLOT, baseia-se na decomposição em valores singulares (DVS) da matriz de dados. Qualquer matriz real $X_{(n \times p)}$ de característica r ($r \leq \min(n, p)$) pode ser factorizada como o produto de três matrizes de tal forma que:

$$X_{(n \times p)} = U_{(n \times r)} \Lambda_{(r \times r)} V'_{(r \times p)} \text{ com } U'U = V'V = I_y \quad 4.6$$

onde:

$U_{(n \times r)}$ é a matriz de vectores próprios de XX' .

$V_{(r \times p)}$ é a matriz de vectores próprios de $X'X$.

$\Lambda_{(r \times r)}$ é uma matriz diagonal de $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r$, correspondentes aos r valores próprios de XX' ou $X'X$.

Os elementos de $X_{(n \times p)}$ em (4.6) são dados por:

$$x_{ij} = \sum_{k=1}^r \sqrt{\lambda_k} u_{ik} v_{jk} \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, p \quad 4.7$$

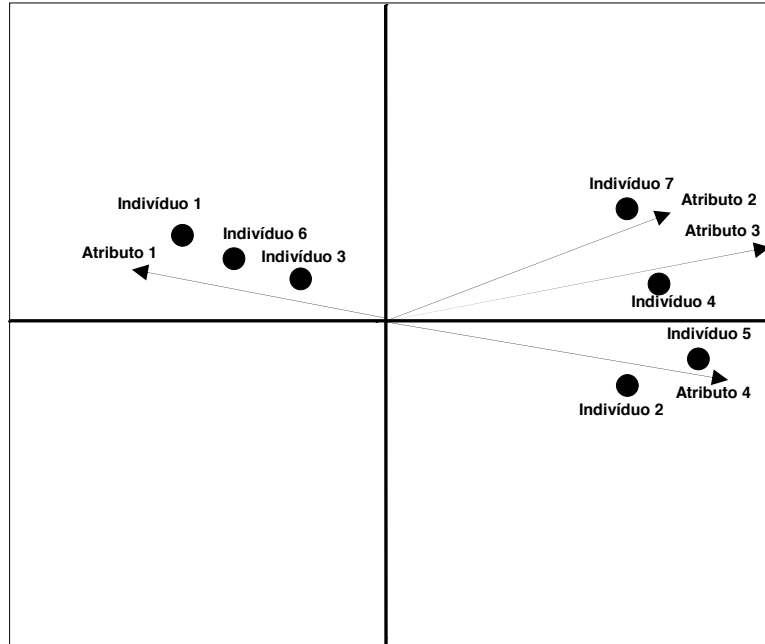
Desta forma, partindo da DVS, a selecção de marcadores na dimensão q para as linhas e colunas da matriz X são:

$$J_{(q)} = U_{(q)} \Lambda_{(q)} \text{ e } H_{(q)} = V_{(q)} \Lambda_{(q)} \quad 4.8$$

A qualidade de representação para as linhas e para as colunas da matriz de dados X é a mesma e as linhas e colunas são expressas em coordenadas principais.

A representação gráfica do BIPLLOT, possui na forma bidimensional uma configuração semelhante à da Figura 4.1

Figura 4.1 – Representação HJ-BIPLLOT



Fonte: Elaboração Própria

Dado que tanto as linhas como as colunas possuem a mesma qualidade de representação, podem interpretar-se as posições das linhas, das colunas e das relações linhas-colunas, através das contribuições relativas do factor ao elemento e do elemento ao factor (Galindo e Cuadras, 1986)

As Propriedades do HJ-BIPLLOT, são:

1. Esta representação proporciona a melhor representação simultânea.

Galindo (1985, 1986) e Galindo e Cuadras (1986) demonstram que as relações entre as nuvens de pontos são as relações baricéntricas análogas às da Análise Factorial de Correspondências. Assim, partindo das relações $U = XV\Lambda^{-1}$ e $V = X'U\Lambda^{-1}$ obtêm-se as seguintes equações:

$$J_{(q)} = U_{(q)}\Lambda_{(q)} = XV_{(q)} = XX'U_{(q)}\Lambda_{(q)}^{-1} = XH_{(q)}\Lambda_{(q)}^{-1} \quad 4.9$$

$$H_{(q)} = V_{(q)}\Lambda_{(q)} = X'U_{(q)} = X'XV_{(q)}\Lambda_{(q)}^{-1} = X'J_{(q)}\Lambda_{(q)}^{-1} \quad 4.10$$

Ou seja, as coordenadas para as linhas são médias ponderadas das coordenadas das colunas, onde as ponderações são os valores originais na matriz X . O mesmo ocorre para as coordenadas das colunas relativamente às linhas.

2. Os produtos escalares das colunas da matriz X , coincidem com os produtos escalares dos marcadores H , ou seja:

$$X'X = (UAV')'(UAV') = (\Lambda V)(V\Lambda)' = HH' \quad 4.11$$

3. O quadrado da longitude dos vectores h_j é proporcional à variância da variável x_j . Isto significa que, numa representação HJ-BIPLLOT, os atributos que apresentam maior variabilidade nas classificações, serão representados por vectores mais longos.

4. O co-seno do ângulo entre dois vectores h_i, h_j representa a correlação entre as variáveis x_i e x_j . Isto significa que num HJ-BIPLLOT, se dois atributos estão correlacionados positivamente, serão representados por dois vectores que formarão, no gráfico factorial, um ângulo agudo. Se dois atributos estão correlacionados negativamente, os vectores que os representam formam ângulos obtusos. Se as classificações de dois atributos não têm qualquer relação, os marcadores que os representam no gráfico BIPLLOT, formarão um ângulo recto.

5. Os produtos escalares das linhas da matriz X , coincidem com os produtos escalares dos marcadores j , ou seja:

$$XX' = (UAV')(UAV')' = (U\Lambda)(U\Lambda)' = JJ' \quad 4.12$$

6. A distância euclidiana entre duas linhas da matriz X , coincide com a distância euclidiana entre os marcadores j do HJ-BIPLLOT. Isto significa que se dois indivíduos estão representados próximos no gráfico factorial, esses indivíduos apresentam perfis similares

7. Os marcadores para as filas coincidem com as coordenadas dos indivíduos no espaço das componentes principais das variáveis. Isto permite identificar gradientes que se correspondem com as tendências de opção de gestão.

8. Os marcadores para as colunas coincidem com as coordenadas das variáveis no espaço das componentes das linhas. Isto permite-nos identificar gradientes de homogeneidade.

9. Se uma variável (classificação de atributo) toma um valor preponderante para um indivíduo, o ponto que representa esse atributo estará próximo ao ponto que representa o indivíduo.

10. Quanto mais distantes aparecem os pontos que representam os marcadores coluna do centro de gravidade, maior variabilidade existirá no estudo. Os atributos menos estáveis são representados por vectores mais longos.

11. A qualidade de representação para as linhas e colunas é a mesma e é expressa por:

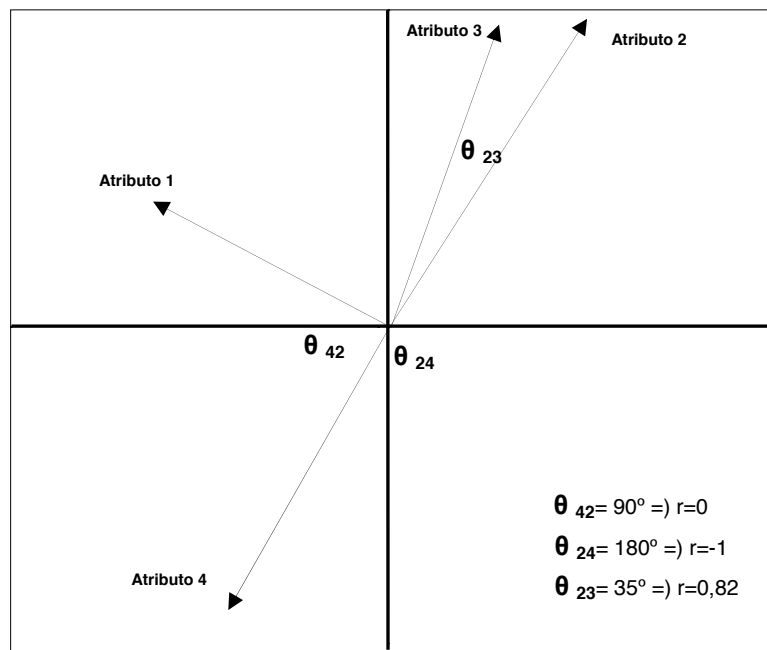
$$\left(\frac{\sum_{i=1}^d \lambda_1^2}{\sum_{i=1}^d \lambda_1^2} \right) \times 100 \quad \mathbf{4.13}$$

Isto significa que tanto as posições dos indivíduos como as dos atributos são fiáveis nos planos factoriais.

4.4.1.1.1 A interpretação gráfica do método HJ-BIPLLOT

Gabriel (1971) mostra que os co-senos dos ângulos entre os vectores representativos das variáveis num BIPLLOT são os coeficientes de correlação entre as variáveis respectivas (Figura 4.2).

Figura 4.2 – Representação da relação HJ BIPLLOT entre os ângulos (θ) formados pelos atributos e a respectiva correlação (r)



Fonte: Elaboração Própria

A propriedade de igualdade entre co-senos e correlações, assumindo os atributos centrados, implica que para quaisquer x e y representados, tomando o co-seno de θ_{xy} , o ângulo entre as duas variáveis x e y é igual à sua correlação r_{xy} , conforme evidenciado na equação seguinte:

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum \sqrt{(x_i - \bar{x})^2} \sum \sqrt{(y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{\sum x_i^2} \sqrt{\sum y_i^2}} = \frac{x \cdot y}{|x| |y|} = \cos \theta_{xy} \quad \mathbf{4.14}$$

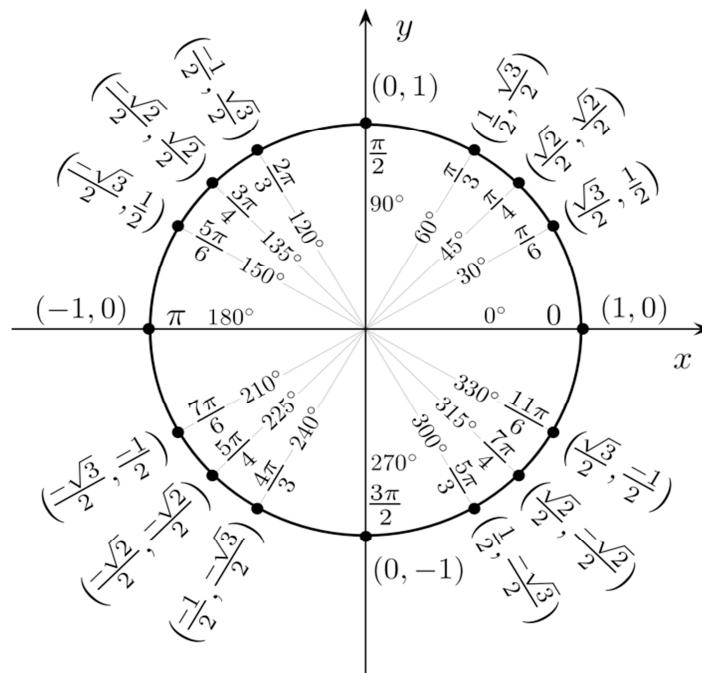
Isto significa que, no HJ-BIPLLOT, se dois atributos estão correlacionados positivamente, os vectores que os representam formam ângulos agudos. Se um atributo for correlacionado inversamente com outro, os vectores que os representam formarão

ângulos obtusos e existe correlação negativa entre os atributos. Se as classificações de um atributo não têm qualquer relação com outro atributo, os marcadores que os representam no gráfico BIPLLOT, formarão um ângulo recto e a correlação entre os atributos é nula.

Para identificação das correlações existentes, é tida em conta a propriedade de igualdade entre co-senos e correlações, assumindo os atributos centrados, o que implica que para quaisquer x e y representados, tomando o co-seno de q_{xy} , o ângulo entre as duas variáveis x e y é igual à sua correlação r_{xy} .

A aplicação desta propriedade do HJ-BIPLLOT terá a leitura em conformidade com o círculo trigonométrico representado na Figura 4.3 no que concerne ao sentido do crescimento do valor do co-seno.

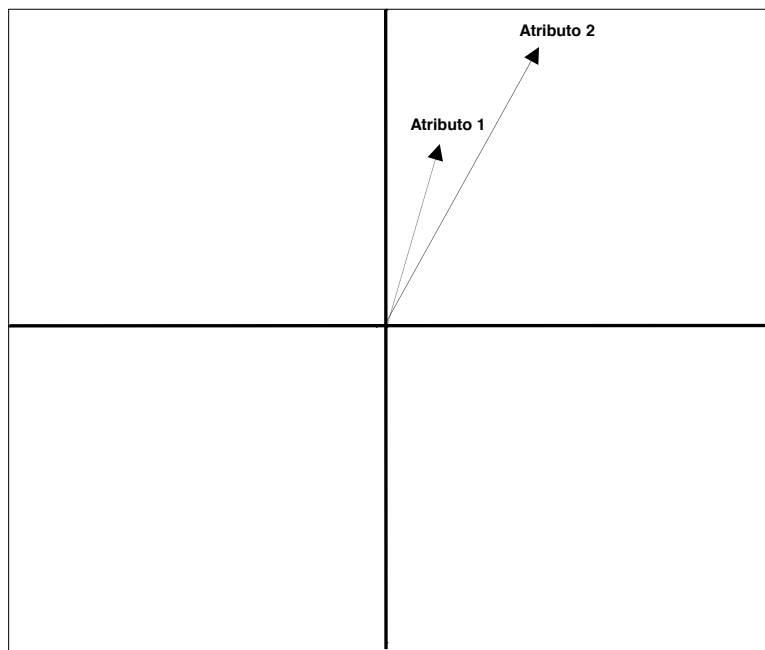
Figura.4.3 – Representação do crescimento do valor co-seno em função do sentido da rotação no círculo trigonométrico



Fonte: Elaboração Própria

O quadrado da longitude dos vectores h_j ($j=1,\dots,p$) é proporcional à variância da variável x_j ($j=1,\dots,p$), o que significa que numa representação HJ-BIPLLOT, os atributos que apresentam maior variabilidade nas classificações, serão representados por vectores mais longos (Figura 4.4).

Figura 4.4 – Representação de atributos com diferentes longitudes de vector no HJ-BIPLLOT

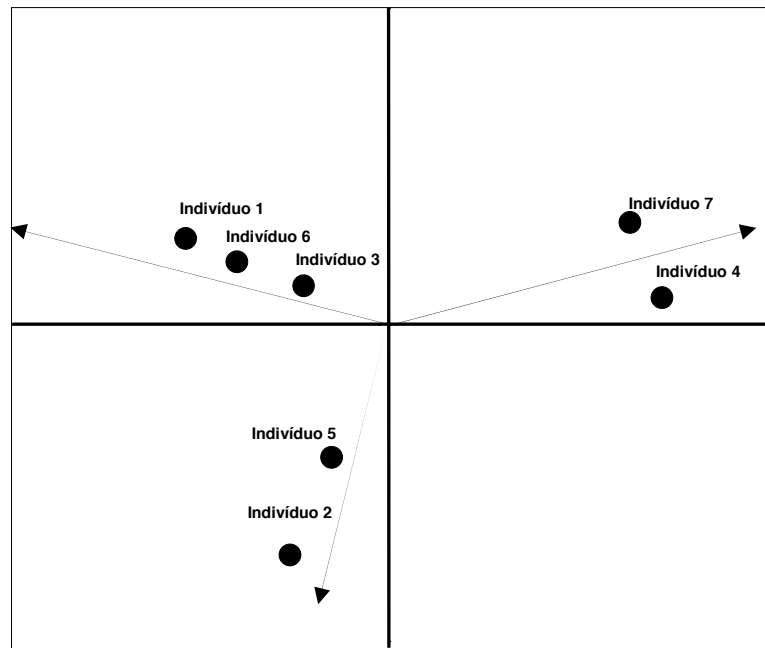


Fonte: Elaboração Própria

Assim, os atributos com maior variância, são representados por vectores mais longos.

As proximidades, sobre o BIPLLOT, entre os marcadores dos indivíduos representam semelhanças entre os indivíduos: dois pontos próximos correspondem a dois indivíduos com respostas semelhantes; dois pontos afastados correspondem a dois indivíduos com respostas tanto mais díspares quanto maior o afastamento, sobre o BIPLLOT, dos marcadores respectivos (Figura 4.5).

Figura 4.5 – Representação dos indivíduos e distâncias no HJ-BIPLLOT

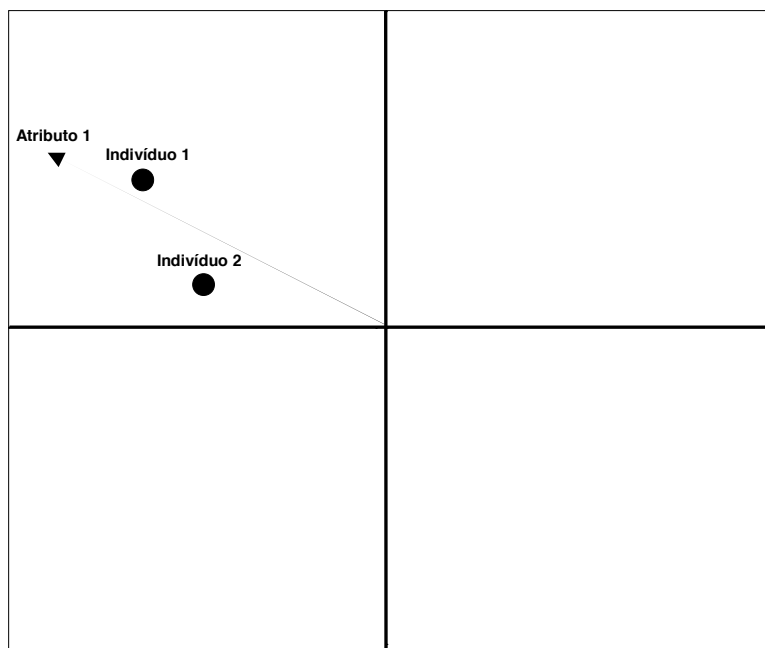


Fonte: Elaboração Própria

A distância euclidiana entre duas linhas da matriz X , coincide com a distância euclidiana entre os marcadores j do HJ-BIPLLOT.

Quanto mais próximo da direcção de uma variável está o ponto representativo de um indivíduo e maior for o afastamento do indivíduo em relação ao centro, maior a preponderância ou importância dessa variável na explicação dos resultados obtidos por um indivíduo (Figura 4.6).

Figura 4.6 – Representação da relação dos atributos e indivíduos relacionados com diferentes preponderâncias no HJ-BIPLLOT

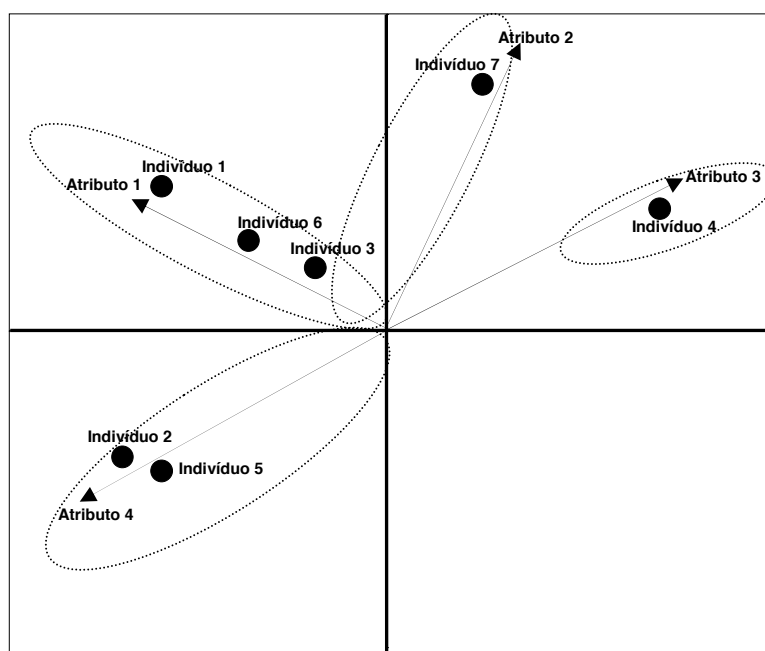


Fonte: Elaboração Própria

Assim, quanto maior é o valor da projecção de um indivíduo sobre uma variável - medida a partir do centro - maior é o valor dessa variável sobre o indivíduo e maior é a preponderância da variável na explicação do comportamento ou resposta do indivíduo.

Quanto menor o ângulo entre os vectores definidos pelo centro do BIPLLOT e os marcadores de um indivíduo e de uma variável, maior será a afinidade entre esse indivíduo e essa variável, no sentido descrito (Figura 4.7).

Figura 4.7 – Representação da relação entre atributos e indivíduos no HJ-BIPLLOT



Fonte: Elaboração Própria

No método HJ-BIPLLOT, se uma variável (atributo) toma um valor preponderante para um indivíduo, o ponto que representa essa variável estará próximo do ponto que representa o indivíduo. Uma vez que no método HJ-BIPLLOT os indivíduos e as variáveis estão representados na mesma escala, faz sentido interpretar as distâncias entre indivíduos e variáveis como preponderância de uma variável para explicar um indivíduo, ou, como contribuição de um indivíduo para os valores de uma variável.

A interpretação dos resultados HJ-BIPLLOT é baseada em conceitos geométricos simples que poderão ser traduzidos em três pontos essenciais: 1) a similitude entre indivíduos será uma função inversa da distância entre eles; 2) as longitudes e ângulos dos vectores que representam as variáveis interpretam-se com variabilidade e covariabilidade, respectivamente; 3) as relações entre indivíduos e variáveis interpretam-se em termos de produto escalar, isto é, através das projecções dos pontos indivíduo sobre os vectores variáveis.

4.4.2 A Análise de Correlações Canónicas

4.4.2.1 Nota introdutória

Todos os métodos estatísticos que simultaneamente analisam múltiplas medidas sobre cada indivíduo ou objecto sob investigação, são considerados multivariados. Não obstante, para ser considerada verdadeiramente uma análise multivariada, todas as variáveis devem ser aleatórias e inter-relacionadas, de tal modo que os seus efeitos não possam ser interpretados de forma separada.

É comum o uso do Coeficiente de Correlação Linear de Pearson, por ser o mais conhecido, mas em muitas situações a sua aplicabilidade não se traduz com a clareza necessária.

Com efeito, existe uma relação estatística (correlação) entre duas variáveis quando estas variam em conjunto. Contudo, o coeficiente de correlação pode manifestar três dificuldades:

1. As relações fortes que não sejam lineares entre duas variáveis podem não ser reconhecidas. Isto é, apesar de haver uma relação entre as duas variáveis, o coeficiente de correlação é zero;

2. é bastante sensível a *outliers*;

3. por outro lado, uma correlação alta indica apenas relação estatística e não mais do que isso. Ou seja, é um erro grave confundir relação estatística com causalidade (contudo, uma elevada relação estatística entre duas variáveis pode ser um primeiro sinal de alerta para a existência de uma relação de causalidade efectiva entre essas duas variáveis). Por outras palavras, pode existir correlação entre duas variáveis, mas isso não quer dizer que uma seja consequência da outra.

Em suma, a existência de relação estatística entre duas variáveis não quer necessariamente dizer que o comportamento de uma é consequência do comportamento de outra, podendo tratar-se apenas de uma “coincidência”.

Neste âmbito, a Análise Causal tem como objectivo identificar até que ponto determinados fenómenos influenciam, ou não, um outro fenómeno que constitui o

objecto de estudo. Isto é o mesmo que dizer que o fenómeno de estudo pode ser explicado por um conjunto de “causas” que se pretendem conhecer.

Inicialmente desenvolvida por Hotelling (1936), a Análise de Correlações Canónicas mede a existência e a intensidade da associação entre grupos de variáveis. O interesse, de modo geral, é o conhecimento das relações existentes entre os grupos das variáveis, normalmente dois, que caracterizam o fenómeno, objecto de estudo.

A avaliação do grau de relacionamento ou de associação entre as características de um dado fenómeno pode ser realizada de várias formas. As análises de correlação e de regressão são exemplos típicos de metodologias para a avaliação da interdependência ou da dependência, respectivamente.

De acordo com Hair *et al.* (2005), a correlação canónica tem como objectivo correlacionar simultaneamente diversas variáveis dependentes métricas e diversas variáveis independentes métricas. Trata-se de um procedimento estatístico multivariado que permite o exame à estrutura das relações existentes entre dois grupos ou conjuntos de variáveis.

As correlações canónicas referem-se às correlações entre variáveis canónicas, ou seja, entre combinações lineares de variáveis, de tal modo que a correlação obtida entre essas mesmas combinações, seja máxima. Deste modo, não existirá nenhuma outra combinação linear de variáveis cuja correlação seja maior que essa.

Os mesmos autores sustentam ainda que a correlação canónica é uma alternativa robusta quando outras técnicas multivariadas mais complexas forem descartadas. Não obstante, para situações em presença de múltiplas variáveis dependentes e independentes, é uma técnica multivariada bastante adequada e poderosa.

O aspecto de maximização associado a esta técnica representa uma tentativa de concentrar uma relação de alta dimensão entre dois grupos de variáveis em poucos pares de variáveis canónicas. A análise é baseada na determinação de variáveis canónicas ortogonais, em cada conjunto de variáveis, por essa razão, as variáveis devem, por conjunto, ser linearmente independentes. Se esta condição não for satisfeita, torna-se necessário descartar as variáveis que são combinações lineares das demais (variáveis redundantes).

Na realidade, a Análise de Correlações Canónicas é muito usada em estudos exploratórios. Um investigador pode defrontar-se com um grande conjunto de variáveis, mas pode estar apenas interessado em estudar apenas algumas combinações lineares de variáveis desse conjunto. Poderá, neste caso, estudar aquelas combinações lineares cuja correlação for mais elevada e, assim obter uma maneira simples de reduzir as complexidades envolvidas em relacionar os conjuntos de variáveis, constituintes do seu fenómeno de estudo.

4.4.2.1.1 Técnicas para o estudo de inter-relações entre dois conjuntos de dados

Como alternativas possíveis para analisar dois conjuntos de dados, podemos:

1. Estudar as correlações entre as variáveis dependentes e independentes. Esta abordagem é, no entanto, limitada por três razões: a)- o número de correlações será grande (neste caso, 2×2); b)- existe o problema da multicolinearidade, ou seja, as variáveis independentes estão correlacionadas entre si, assim como as variáveis dependentes, não sendo portanto possível isolar o efeito de cada uma das variáveis; c)- o carácter subjectivo da análise não permitirá identificar quais serão os casos em que existe o melhor índice ou carga nas variáveis dependentes;

2. Calcular uma série de regressões múltiplas e analisar cada variável dependente em relação a todas as variáveis independentes. Dado que as variáveis dependentes não são independentes entre si, as equações resultantes também não serão “descorrelacionadas”. Além disso, este método só permite a análise numa direcção;

3. Utilizar uma Análise Factorial. A análise de factores estuda as inter-relações num conjunto de variáveis, o que não se aplica a este caso, dado existirem dois conjuntos de variáveis. Não obstante é possível realizar uma Análise Factorial para cada conjunto de dados e correlacionar os factores resultantes. Com efeito, a Análise Factorial preocupa-se com a variância interna de cada conjunto de dados, não considerando a variância partilhada entre os dois conjuntos;

4. Aplicar uma Análise de Correlações Canónicas. Calcular dois índices ou cargas compostos pela soma ponderada de cada variável em cada conjunto de dados e maximizar, através dos pesos de cada variável, a correlação entre estes dois conjuntos.

Este método é uma alternativa aos três métodos apresentados anteriormente e não apresenta os problemas do “excesso de resultados” (citado em 1.), nem os problemas de multicolinearidade ou intercorrelação entre as equações resultantes.

4.4.2.2 A Análise de Correlações Canônicas e a Análise de Regressão

A Análise de Correlações canônicas e a Análise de Regressão são métodos estatísticos amplamente utilizados para estudar o grau de relacionamento entre variáveis.

De acordo com Hair *et al.* (2005), existem várias formas de analisar dois conjuntos de dados e um dos modelos mais comuns de análise é a regressão múltipla. Na regressão múltipla, uma variável é explicada (variável dependente) por uma combinação linear de outras variáveis (variáveis independentes) e normalmente é expressa mediante a seguinte equação básica:

$$Y_1 = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n \quad 4.15$$

A correlação canônica pode ser vista como uma extensão da regressão múltipla para o caso de existirem duas ou mais variáveis dependentes, isto é:

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n \quad 4.16$$

Como foi anteriormente referido, o princípio básico na Análise de Correlações Canônicas assenta na descoberta de uma combinação linear para cada conjunto variáveis (normalmente dois), que maximize a correlação entre eles. Não existe, por conseguinte, a distinção entre variável independente e dependente, existem somente dois conjuntos de variáveis em que se busca a máxima correlação entre ambos.

A Análise de Correlações Canônicas fornece um número, indicando como duas variáveis variam conjuntamente. Mede a intensidade e a direcção da relação linear ou não-linear entre duas variáveis. É um indicador que atende à necessidade de se estabelecer a existência ou não de uma relação entre essas variáveis sem que, para isso, seja preciso o ajustamento de uma função matemática. Não existe a distinção entre a

variável explicativa e a variável resposta, ou seja, o grau de variação conjunta entre X e Y é igual ao grau de variação entre Y e X.

Já a Análise de Regressão, além de medir a associação entre uma variável resposta Y e um conjunto de variáveis independentes (X_1, X_2, \dots, X_p), também estima os parâmetros do comportamento sistemático entre as mesmas. Necessita a especificação da forma funcional que relaciona a variável resposta às outras covariáveis.

Quando o objectivo é estudar a relação entre as variáveis, nem sempre é necessário um grau de detalhe como o da Análise de Regressão, mas apenas determinar o grau de relação entre as variáveis analisadas. Conforme Siegel (1975), “... o estabelecimento da existência de uma correlação entre duas variáveis pode constituir o objectivo precípua de uma pesquisa (...). Mas também representar apenas um passo, ou estágio, de uma pesquisa com outros objectivos, como, por exemplo, quando empregamos medidas de correlação para comprovar a fiabilidade de nossas observações.”

Dado um conjunto de variáveis, pode haver somente uma relação numérica, sem relação causal. Diz-se, neste caso, que a correlação entre as variáveis envolvidas é espúria, devido apenas à coincidência.

Para o desenvolvimento teórico da Análise de Correlações Canónicas são feitas determinadas suposições sobre as variáveis envolvidas na análise. Na Análise de Regressão, as suposições são com relação aos erros do modelo ajustado. Entretanto, na prática, nem sempre é possível atender a tais suposições. Quando as suposições não forem atendidas para a Análise de Correlações Canónicas, são possíveis os seguintes procedimentos:

1. Utilizar os métodos não-paramétricos;
2. Adequar os dados às suposições através de uma transformação das variáveis envolvidas na análise;

4.4.2.3 O cálculo da correlação canónica

Segundo a classificação proposta por Kendal (1980), a Análise de Correlações Canónicas é uma técnica de avaliação da interdependência entre grupos de variáveis.

O objectivo da correlação canónica é determinar uma combinação linear para cada grupo de variáveis (dependentes e independentes) que maximize a correlação entre os dois grupos. Sejam, então, considerados dois grupos de variáveis X e Y (Abreu e Vetter, 1978), onde:

$$X' = [x_1, x_2, \dots, x_p] \quad 4.17$$

é o vector de medidas de p características que constituem o grupo I, e

$$Y' = [y_1, y_2, \dots, y_q] \quad 4.18$$

o vector das medidas de q características que constituem o grupo II.

O problema estatístico consiste em estimar a máxima correlação entre combinações lineares de características do grupo I e do grupo II, bem como estimar os respectivos coeficientes de ponderação das características em cada combinação linear. Sendo X_1 e Y_1 uma das combinações lineares das variáveis pertencentes aos grupos I e II, respectivamente, tem-se (Cruz e Regazzi, 1994):

$$X_1 = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_px_p \quad 4.19$$

$$Y_1 = b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_qy_q \quad 4.20$$

em que,

$$a' = [a_1, a_2, \dots, a_p]$$

é o vector 1xp de pesos das características do grupo I, e

$$b' = [b_1, b_2, \dots, b_q]$$

o vector 1xq de pesos das características do grupo II.

Assim, define-se como a primeira correlação canônica aquela que maximiza a relação entre X_1 e Y_1 . As funções X_1 e Y_1 constituem o primeiro par canônico associado àquela correlação canônica que é expressa por:

$$r_1 = \frac{cov(X_1, Y_1)}{\sqrt{V(X_1) \cdot V(Y_1)}} \quad 4.21$$

em que,

$$cov(X_1, Y_1) = a' S_{12} b$$

$$V(X_1) = a' S_{11} a$$

$$V(Y_1) = b' S_{22} b$$

onde,

S_{11} representa a matriz $p \times p$ de covariâncias entre as características do grupo I,

S_{22} representa a matriz $q \times q$ de covariâncias entre as características do grupo II e,

S_{12} é a matriz $p \times q$ de covariâncias entre as características dos grupos I e II.

Para os casos em que se utilizam variáveis padronizadas, têm-se $S_{11} = R_{11}$, $S_{22} = R_{22}$ e $S_{12} = R_{12}$, em que R representa uma matriz de correlações.

Seja R a matriz de correlação da união dos dois grupos de variáveis, na forma:

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{bmatrix} \text{ sendo } R_{21} = R'_{12} \quad 4.22$$

A estimativa dos vectores a e b é obtida pela maximização da função r^2 , sujeita à restrição de que $a' R_{11} a = b' R_{22} b = 1$. Estas restrições são necessárias para prover estimadores únicos de a e b e indicam que cada combinação linear tem variância igual a 1. (Cruz e Regazzi, 1994).

O primeiro passo é a determinação dos valores próprios das equações características:

$$|R_{11}^{-1}R_{12}R_{22}^{-1}R_{21} - \lambda I| = 0 \quad 4.23$$

e

$$|R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1}R_{12} - \lambda I| = 0 \quad 4.24$$

Seguido do cálculo dos respectivos vectores próprios associados. Os valores próprios podem ser calculados a partir de duas equações características distintas, a partir de duas matrizes diferentes, uma de ordem p e outra de ordem q . É claro que se $p = q$ e as variáveis X_1, X_2, \dots, X_p , bem como as variáveis Y_1, Y_2, \dots, Y_q são linearmente independentes, existirão $p = q$ valores próprios não-nulos e $p = q$ pares canónicos. Entretanto, se, por exemplo, $p < q$, existirão $q - p$ valores próprios nulos da matriz $|R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1}R_{12}|$ e apenas p pares canónicos.

O sistema de equações lineares é dado por:

$$(R_{11}^{-1}R_{12}R_{22}^{-1}R_{21} - \lambda I) a = \quad 4.25$$

$$(R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1}R_{12} - \lambda I) b = \quad 4.26$$

Assim, tem-se que:

1. A primeira correlação canónica (r_1) entre a combinação linear das características dos grupos I e II é dada por:

$$r_1 = \sqrt{\lambda_1} \quad 4.27$$

em que λ_1 é o maior valor próprio da matriz $|R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1}R_{12}|$, que é quadrada e, em geral, não simétrica (Johnson e Wichern, 1988) de ordem p ;

2. O primeiro factor canónico é dado por $X_1 = a' X$ e $Y_1 = b' Y$, em que a é o vector próprio associado ao primeiro valor próprio $R_{11}^{-1}R_{12}R_{22}^{-1}R_{21}$ e b o vector próprio associado ao primeiro valor próprio, $R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1}R_{12}$;

3. As demais correlações e factores canónicos são estimados utilizando-se os valores próprios e os vectores próprios das expressões descritas, de ordem correspondente a p ou q -ésima correlação estimada.

A significância da hipótese de que todas as possíveis correlações canónicas são nulas ($H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_s = 0$), com $s = \min(p, q)$, pode ser avaliada pela aproximação ao teste χ^2 , que, segundo Dunteman (1984), citado por Cruz e Regazzi (1994), é dado por:

$$\chi^2 = -t \log_e \left[\prod_{i=1}^s (1 - r_i^2) \right] \quad 4.28$$

em que:

$$t = n - 0,5(p + q + 3);$$

n = número de observações experimentais.

A estatística está associada a pq graus de liberdade. Se a hipótese é rejeitada, testa-se a hipótese $H_0: \rho_1 \neq 0, \rho_2 \neq 0, \dots, \rho_k \neq 0$, e $\rho_{k+1} = \rho_{k+2} = \dots = \rho_s = 0$, por meio de: $-t \log_e \left[\prod_{i=1}^s (1 - r_i^2) \right]$, que está associada a χ^2 com $(p-k)(q-k)$ graus de liberdade.

Deste modo, a Análise de Correlação Canónica fornece uma maneira simples de reduzir as complexidades envolvidas em relacionar dois conjuntos de variáveis. Não obstante, o principal problema associado com a técnica refere-se à interpretação das soluções canónicas. Isto deve-se ao facto de que a análise pode identificar várias correlações que, embora estatisticamente significativas, associam as variáveis utilizadas de uma forma bastante heterogénea e, conseqüentemente, de difícil interpretação. Isto é possível porque os factores canónicos estão representados por funções lineares que podem, não necessariamente, reflectir partes significativas da variância dos respectivos domínios de medidas. Contudo, no intuito de auxiliar o procedimento de interpretação, alguns artifícios, como iremos observar mais adiante, têm sido desenvolvidos, a fim de ajudar o investigador a identificar que tipos de relações estão representados por factores canónicos.

Um desses artifícios é a matriz canónica de estruturação factorial, a qual representa a correlação entre as variáveis originais e as canónicas (Abreu e Vetter, 1978).

A matriz canónica de estruturação factorial fornece as correlações das variáveis pertinentes a um domínio de medidas com os factores canónicos extraídos e substitui os vectores de coeficientes canónicos, nos quais as variâncias não podem ser controladas. Esta matriz é obtida por meio da multiplicação da matriz de correlação das variáveis

pertinentes a cada domínio de medidas pela matriz de coeficientes canónicos. Os elementos da matriz canónica de estruturação factorial são úteis na interpretação dos factores canónicos, por serem similares aos “*factor loadings*” da Análise Factorial de Componentes Principais (Abreu & Vetter, 1978).

4.4.2.3.1 Etapas para o cálculo de uma correlação canónica

De acordo com Hair *et al.* (2005), podem ser definidos seis passos para o cálculo e interpretação de uma correlação canónica: 1. Especificação dos objectivos da análise, 2. Desenvolvimento do plano de análise, 3. Teste das hipóteses da correlação, 4. Estimativa do modelo e cálculo do poder de explicação, 5. Interpretação dos resultados, e 6. Validação do modelo.

Sucintamente,

1. Especificação dos objectivos da análise

Como já demonstrado, a Análise de Correlações Canónicas trata de uma associação entre dois grupos de variáveis. Ao especificar os objectivos da análise, estes dois grupos devem ser identificados e vários objectivos podem ser perseguidos, tais como: determinar se existe alguma correlação entre os grupos ou explicar a natureza da relação entre estes grupos, medindo a contribuição de cada variável em cada equação.

2. Desenvolvimento do plano de análise

Especificar a dimensão da amostra e a forma de obtenção destes dados. O tamanho mínimo recomendado da amostra é de 10 vezes o número de variáveis a serem analisadas.

3. Teste das hipóteses da correlação

Testar, para cada uma das variáveis, a linearidade da correlação, a normalidade, a homocedasticidade e a multicolinearidade.

4. Estimativa do modelo e cálculo do poder de explicação

Calcular os vectores e valores próprios, como descrito anteriormente, e os outros resultados, como *loadings* e *cross-loadings*.

5. Interpretação dos resultados

Testar a significância das relações e de cada um dos índices, como: pesos, *loadings* e *cross-loadings*.

6. Validação do modelo

Testar o modelo noutra amostra e verificar se o mesmo reage de acordo com o esperado.

5

DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Análise preliminar dos dados

Os dados analisados neste estudo são referentes às recolhas de contentores de resíduos recicláveis nos 16 concelhos do Algarve, no período compreendido entre os anos de 2003 e 2009, totalizando 112 registos; mais concretamente, dizem respeito ao número de ecopontos, quilómetros realizados durante as recolhas, número de recolhas efectuadas e toneladas recolhidas.

Durante o período em análise foi observado um crescimento em todas as variáveis, com a excepção dos quilómetros efectuados que na realidade diminuíram de 2008 para 2009 Gráfico 4.2, Gráfico 4.4 e Quadro 4.2.

No que concerne à variável número de ecopontos, são os concelhos de Loulé e Portimão os que apresentam maior número, ao invés dos concelhos de Alcoutim e Monchique que têm o menor número. Os Ecopontos de Vidro são aqueles que se registaram em maior número, com cerca de 40%; e os Ecopontos de Papel/Cartão e os Ecopontos de Embalagens com cerca de 30% cada.

O concelho que registou o maior aumento no número de ecopontos foi Aljezur, e Castro Marim o concelho com o menor aumento. Em média, nos 16 concelhos, verificou-se um aumento de 54% do número de ecopontos.

Relativamente à variável número de recolhas, Portimão, seguido por Loulé, foi o concelho que registou o maior número de recolhas; e Alcoutim foi o concelho com o menor número de recolhas.

O resíduo com maior número de recolhas foi o papel, seguindo-se-lhe as embalagens e o vidro, este último com cerca de 4 vezes menos recolhas do que os outros dois tipos de ecopontos.

O concelho que registou o maior aumento no número de recolhas foi o de Loulé e o concelho com o menor aumento foi o de Castro Marim. Em média, nos 16 concelhos verificou-se um aumento de 222% do número de recolhas para o período em causa.

No que concerne à variável toneladas recolhidas foi o concelho de Portimão que registou uma maior quantidade de toneladas recolhidas, seguido pelo concelho de Loulé e Alcoutim foi o concelho com a menor quantidade de toneladas recolhidas.

O resíduo com maior quantidade de toneladas recolhidas foi o vidro, seguindo-se-lhe o papel e as embalagens, estando este facto muito relacionado com a densidade dos materiais.

O concelho que registou o maior aumento nas toneladas recolhidas foi o de Portimão e o concelho com o menor aumento foi Castro Marim. Em média nos 16 concelhos verificou-se um aumento de 144% das toneladas recolhidas.

No que respeita à variável quilómetros efectuados nas recolhas, o concelho de Portimão foi aquele que registou o maior número de quilómetros e o concelho de Alcoutim o que registou menor número. O resíduo com maior número de quilómetros efectuados na sua recolha foi à semelhança da variável número de recolhas, o papel, seguindo-se-lhe as embalagens e o vidro com cerca de 3 vezes menos quilómetros efectuados que os outros dois tipos de ecopontos.

O concelho onde foi observado o maior aumento nos quilómetros efectuados na recolha dos ecopontos, foi o de Lagos e o concelho com o menor aumento foi Castro Marim. Em média, nos 16 concelhos, verificou-se um aumento de 89% nos quilómetros percorridos nas recolhas.

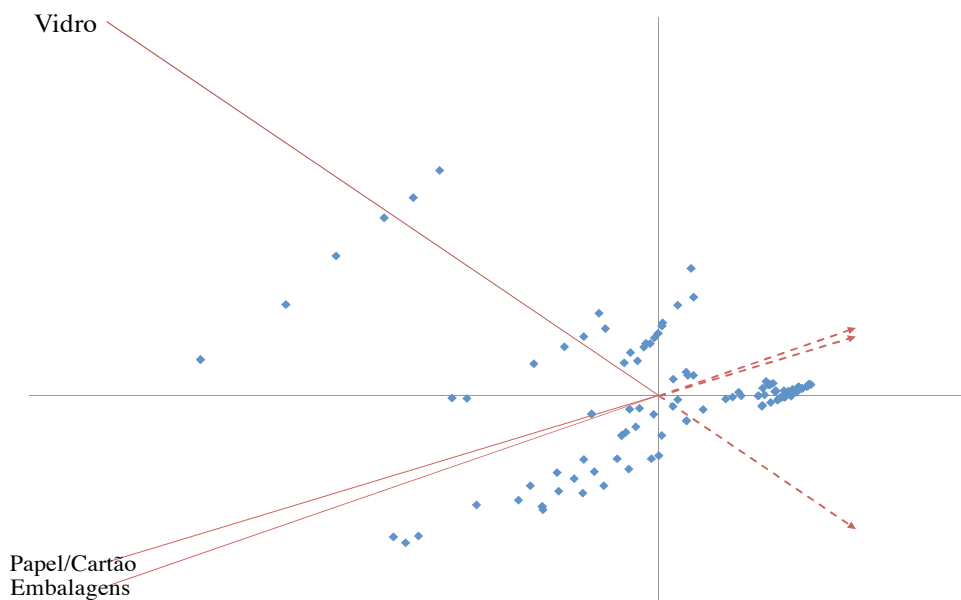
5.2 Os resultados da metodologia HJ-BIPLLOT

Com os dados da evolução do número de Ecopontos de Vidro, Papel/Cartão e Embalagens para os 16 concelhos algarvios entre os anos 2003 e 2009 foi utilizada a metodologia HJ-BIPLLOT (Galindo, 1986) como instrumento para identificar *clusters* de concelhos com padrões semelhantes e cuja representação podemos observar no Gráfico 5.1, onde cada ponto representa um concelho em determinado ano. Estão também nesta representação bidimensional os vectores de crescimento para o número dos diferentes tipos de ecopontos.

Esta estrutura espacial identificou que o maior número de Ecopontos de Vidro se situa no 2º quadrante e o maior número de Ecopontos de Papel/Cartão e de Embalagens se situa no 3º quadrante; por oposição o menor número de Ecopontos Vidro está no 4º

quadrante e o menor número de Ecopontos de Papel/Cartão e de Embalagens está no 1º quadrante.

Gráfico 5.1- Representação HJ BIPLLOT do número dos vários tipos de ecopontos para os 16 concelhos algarvios para o período de 2003 a 2009

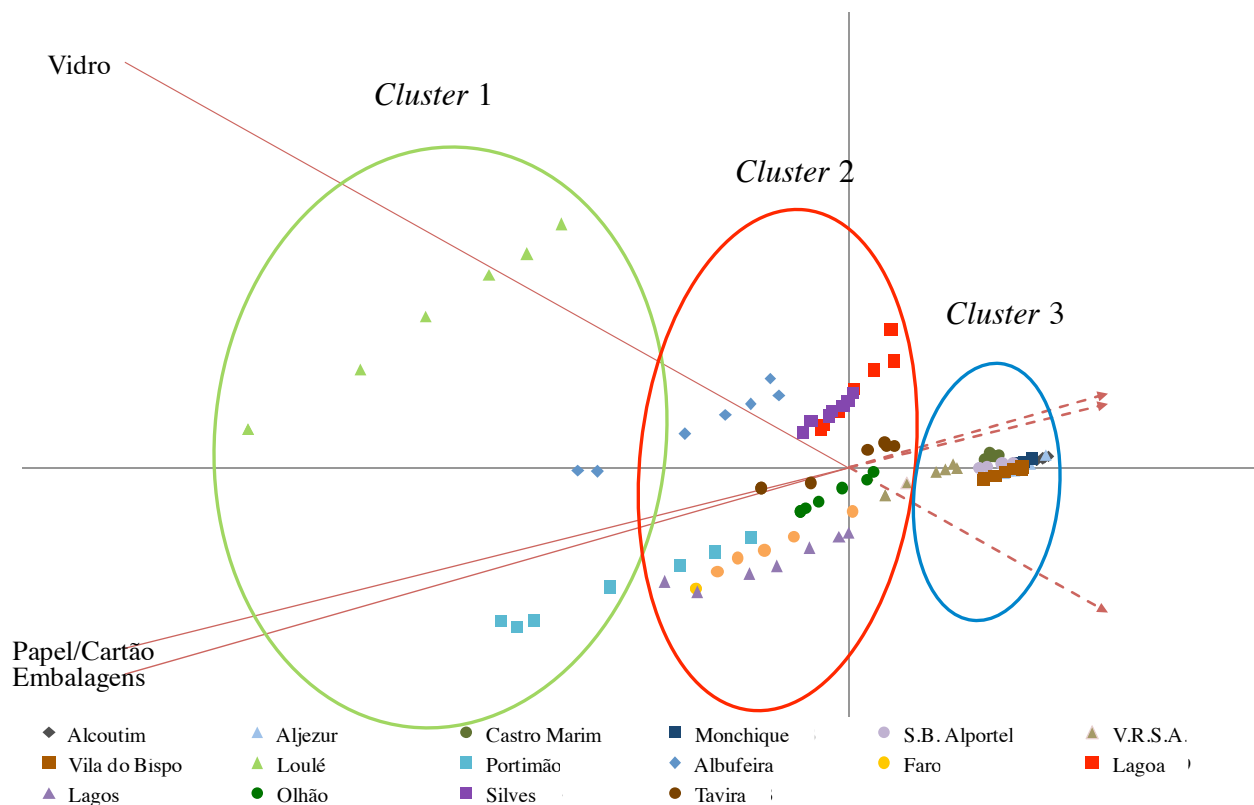


Fonte: MultBIPLLOT (2006)

5.2.1 O processo de segmentação regional

Mediante um procedimento nas hierarquias de segmentação (Método de Ward) com recurso às coordenadas principais da estrutura espacial anterior foram detectados 3 *Clusters* de concelhos algarvios (Gráfico 5.2). Observou-se no gráfico 5.2 que o *Cluster* 1 engloba os concelhos nos quais o número total de ecopontos é maior (13 registos), o *Cluster* 2 os concelhos onde o número de ecopontos é intermédio (53 registos) e o *Cluster* 3 os concelhos onde o número de ecopontos é menor (46 registos). Constatou-se, deste modo, que os *clusters* fazem uma nítida separação dos concelhos maiores e com maior número de ecopontos dos mais pequenos e com menor número de ecopontos.

Gráfico 5.2 – Representação HJ-BIPLLOT do número dos vários tipos de ecopontos para os 16 concelhos algarvios para o período de 2003 a 2009 com a representação dos 3 *Clusters*



Fonte: MultBIPLLOT (2006)

5.2.2 A detecção de tendências regionais

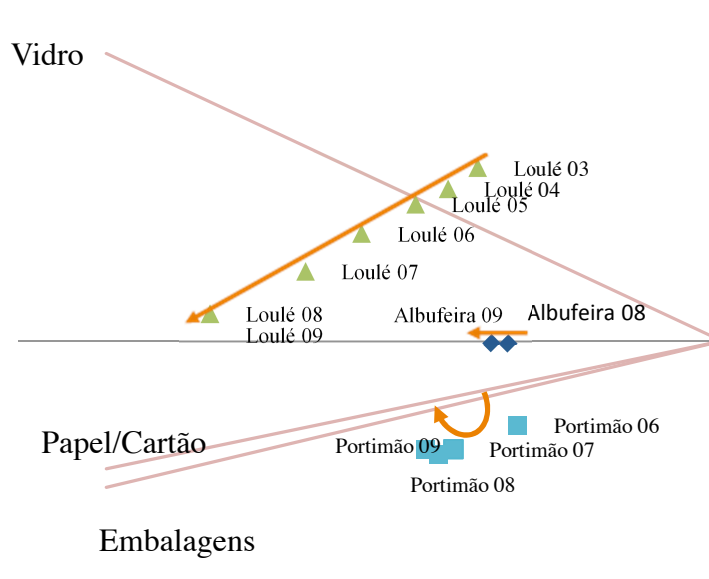
Ao analisar pormenorizadamente os 3 *Clusters* podemos observar uma evolução dos concelhos em matéria de ecopontos, para o período em análise.

Através do Gráfico 5.3, que representa o *Cluster 1* ampliado, aquele onde o número total de ecopontos de cada concelho é maior, é possível distinguir três tendências diferentes no que toca à evolução no número e no tipo de ecopontos.

Podemos igualmente observar no gráfico 5.3 que o concelho de Loulé está representado neste *Cluster* para todo o período em análise; verifica-se também que este concelho teve uma predominância nítida no número de Ecopontos de Vidro; não obstante, ao longo do período de análise, o crescimento do número de ecopontos foi maior nos Ecopontos de Papel/Cartão e Embalagens.

É também possível observar que o concelho de Portimão está também representado no *Cluster 1* só para os quatro últimos anos do período em análise e o concelho de Albufeira para os últimos dois anos, sendo que para estes dois concelhos existe uma predominância dos Ecopontos de Papel /Cartão e Embalagens. Verificamos também que, à semelhança do concelho de Loulé, os concelhos de Portimão e de Albufeira tiveram um crescimento do número de ecopontos; no entanto, o crescimento no tipo de ecopontos foi distinto.

Gráfico 5.3 – *Cluster 1* da representação HJ-BIPLLOT do número dos vários tipos de ecopontos para os 16 concelhos algarvios (2003 – 2009) com a marcação das diferentes tendências de crescimento/evolução dos ecopontos



Fonte: MultBIPLLOT (2006)

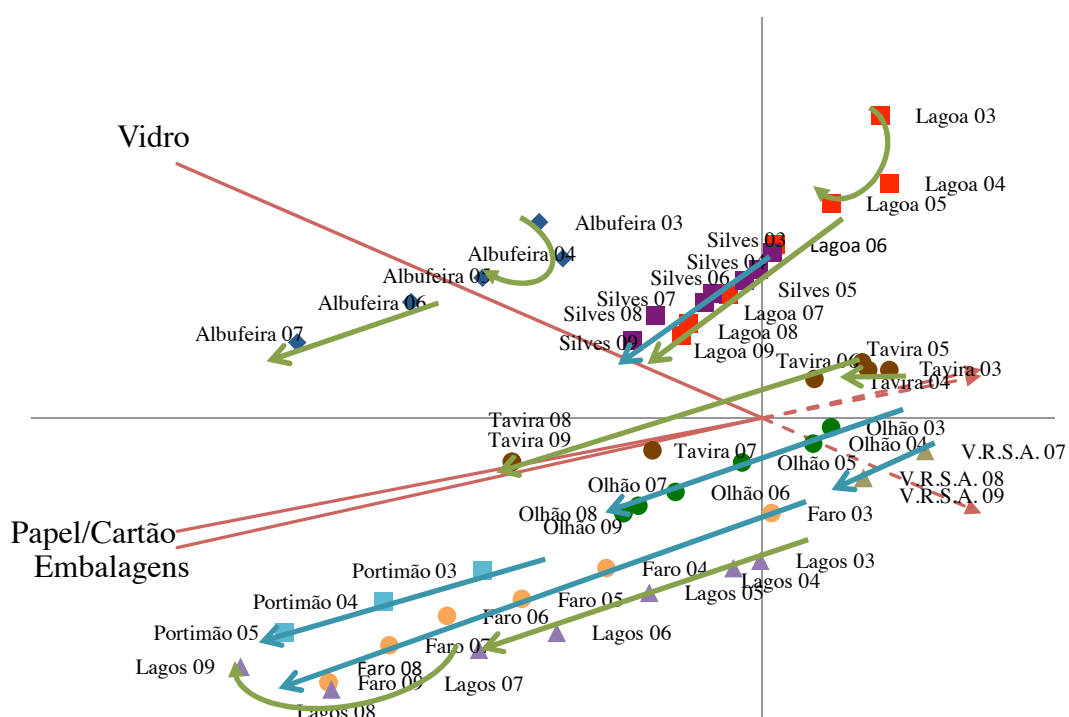
No Respeitante ao *Cluster 2* representado no Gráfico 5.4, verificamos que, à semelhança do *Cluster 1*, distinguem-se as mesmas três tendências para os diversos concelhos representados. Aqui estão representados os anos relativos aos concelhos de Portimão e de Albufeira que não estavam representados no *Cluster 1*; estão também representados os concelhos de Lagoa, Silves, Tavira, Olhão; Faro e Lagos para todo o período em análise e o concelho de Vila Real de Santo António (V.R.S.A.) para os três últimos anos do mesmo período.

É possível verificar que, Lagoa, Silves e Albufeira, apresentam uma predominância dos Ecopontos de Vidro e que Olhão, V.R.S.A., Portimão, Faro e Lagos apresentam

uma predominância dos Ecopontos de Papel/Cartão e Embalagens; já o concelho de Tavira tem até ao ano de 2006 uma predominância dos Ecopontos de Vidro, passando a partir de 2007 a uma predominância dos Ecopontos de Papel/Cartão e Embalagens.

É também possível observar que, a nível das tendências, existe um crescimento para todos os concelhos e para todos os anos representados, com a exceção de Albufeira e Lagoa no período de 2003 para 2004.

Gráfico 5.4 – Cluster 2 da representação HJ-BIPLLOT do número dos vários tipos de ecopontos para os 16 concelhos algarvios (2003 – 2009) com a marcação das diferentes tendências de crescimento/evolução dos ecopontos



Fonte: MultBIPLLOT (2006)

Por último, o Cluster 3, representado no Gráfico 5.5, mostra que, à semelhança dos Cluster 1 e 2, existem também as 3 tendências para os diversos concelhos representados.

Neste gráfico estão representados os anos referentes ao concelho de V.R.S.A. que não estavam representados no Cluster 2; estão também representados os concelhos de Castro Marim, Aljezur, Alcoutim, Monchique, São Brás de Alportel (S. B. Alportel) e Vila do Bispo.

É possível constatar que, quanto ao tipo de ecopontos, existe uma predominância dos Ecopontos de Vidro, para os concelhos de Castro Marim e Alcoutim; já os outros concelhos representados evoluem de uma predominância em Ecopontos de Vidro para uma predominância em Ecopontos de Papel/Cartão e Embalagens.

Relativamente às tendências verifica-se um crescimento em todos os pontos com a exceção de (V.R.S.A 04).

Gráfico 5.5 - Cluster 3 da representação HJ-BIPLLOT do número dos vários tipos de ecopontos para os 16 concelhos algarvios (2003 – 2009) com a marcação das diferentes tendências de crescimento/evolução dos ecopontos



Fonte: MultBIPLLOT (2006)

5.2.3 Descrição e caracterização de padrões regionais

As tendências na evolução do tipo de ecopontos reveladas graficamente, foram então definidas como:

- **tendência 1** (modelo vectorial decrescente), representada nos Gráficos 5.3, 5.4, 5.5 com uma seta diagonal que representa um aumento nos ecopontos de Papel/Cartão e

de Embalagens; nesta tendência inserem-se 76 observações, em que os anos de 2005 a 2009 são aqueles com maior número de registos; os concelhos do Barlavento e Sotavento estão igualmente representados, sendo que os concelhos Faro, Loulé, Monchique, Olhão e Silves estão representados na sua totalidade;

- **tendência 2** (modelo vectorial constante), representada nos Gráficos 5.3, 5.4, 5.5 com uma seta horizontal e que representa um aumento nos ecopontos de Vidro e de Papel/Cartão; nesta tendência inserem-se 21 observações, em que os anos de 2003 e 2004 são aqueles com maior número de registos; os concelhos do Sotavento são os mais representados, estando o concelho de Alcoutim totalmente representado;

- **tendência 3** (modelo helicoidal), representada nos Gráficos 5.3, 5.4, 5.5 com uma seta helicoidal e que representa uma evolução relacionada sobretudo com os ecopontos de Papel/Cartão; nesta tendência inserem-se 15 observações, em que os anos de 2003 a 2005 são aqueles com maior número de registos, sendo os concelhos do Barlavento os mais representados.

5.3 Os resultados da Análise de Correlações Canônicas

5.3.1 A modelação das tendências regionais

Após comprovada a existência de diferentes tendências na evolução do número e tipo de ecopontos, verificou-se a necessidade de realizar por tipo de tendência, de forma a modelar e interpretar cada tendência regional observada.

Deste modo, foram realizadas três análises de correlações canónica, onde as variáveis dependentes (variáveis de resposta) correspondem aos custos de recolha de cada tipo de ecoponto e as variáveis independentes (variáveis de controle) correspondem a três rácios que associaram as toneladas recolhidas, o número de recolhas e os quilómetros efectuados entre cada recolha, ao número de ecopontos.

Em seguida apresentam-se os resultados relativos às variâncias extraídas de cada sub-amostra, bem como a significância das raízes canónicas, relativas a cada uma das tendências; posteriormente, serão apresentados os pesos canónicos de cada uma das três tendências.

5.3.1.1 O modelo vectorial decrescente

Após a análise dos Quadros 5.1 e 5.2, pode-se constatar que a variância extraída das variáveis independentes foi de 62% e das variáveis dependentes de 100%. A redundância, que representa a quantidade das variáveis de um conjunto que é explicada pelo outro conjunto, foi para as variáveis de controle 42% e para as variáveis de resposta 48%.

Observou-se também que a correlação canónica entre os dois conjuntos de variáveis, valor relativo à correlação entre os dois conjuntos de variáveis, referente à primeira raiz canónica, é muito substancial (89%) e estatisticamente significativo ($p < 0,001$).

Quadro 5.1 - Resumo para o modelo vectorial decrescente (Tendência 1)

Canonical Analysis Summary (Ecopontos-Pedro Oliveira) Canonical R: ,89402 Chi ² (27)=167,48 p=0,0000		
	Left	Right
No. of variables	3	9
Variance extracted	100,000%	62,0602%
Total redundancy	47,9290%	41,7787%
Variables:		
1	Custo Recolha Vidro	(t/ecop.) Vidro
2	Custo Recolha Papel/Cartão	(t/ecop.) Papel/Cartão
3	Custo Recolha Embalagens	(t/ecop.) Embalagens
4		(km/ecop.) Vidro
5		(km/ecop.) Papel/Cartão
6		(km/ecop.) Embalagens
7		(recolhas/ecop.) Vidro
8		(recolhas/ecop.) Papel/Cartão
9		(recolhas/ecop.) Embalagens

Fonte: Statistica 7 (2007)

Quadro 5.2 - Significância das Raízes Canônicas do modelo vectorial decrescente (Tendência 1)

Chi-Square Tests with Successive Roots Removed (Ecopontos-Pedro Oliveira)						
	Canonial R	Canonial R-sqr	Chi-sqr.	df	p	Lambda Prime
0	0,894024	0,799278	167,4806	27	0,000000	0,086729
1	0,707575	0,500662	57,4808	16	0,000001	0,432084
2	0,366996	0,134686	9,9094	7	0,193808	0,865314

Fonte: Statistica 7 (2007)

5.3.1.2 O modelo vectorial constante

Relativamente ao modelo vectorial constante, podemos constatar, através da análise dos Quadros 5.3 e 5.4, que a variância extraída das variáveis independentes foi de 39% e das variáveis dependentes de 100%, tendo sido a redundância para as variáveis de controle 31% e para as variáveis de resposta 77%. A correlação canônica entre os dois conjuntos de variáveis é de 92% e estatisticamente significativo ($p < 0,05$).

Quadro 5.3 - Resumo para o modelo vectorial constante (Tendência 2)

Canonical Analysis Summary (Ecopontos-Pedro Oliveira) Canonical R: ,915825 Chi ² (27)= 50,89053p=0,003605		
	Left	Right
No. of variables	3	9
Variance extracted	100,000%	39,2507%
Total redundancy	77,4189%	31,0687%
Variables:		
1	Custo Recolha Vidro	(t/ecop.) Vidro
2	Custo Recolha Papel/Cartão	(t/ecop.) Papel/Cartão
3	Custo Recolha Embalagens	(t/ecop.) Embalagens
4		(km/ecop.) Vidro
5		(km/ecop.) Papel/Cartão
6		(km/ecop.) Embalagens
7		(recolhas/ecop.) Vidro
8		(recolhas/ecop.) Papel/Cartão
9		(recolhas/ecop.) Embalagens

Fonte: Statistica 7 (2007)

Quadro 5.4 - Significância das Raízes Canônicas do modelo vectorial constante (Tendência 2)

Chi-Square Tests with Successive Roots Removed (Ecopontos-Pedro Oliveira)						
	Canonial R	Canonial R-sqr	Chi-sqr.	df	p	Lambda Prime
0	0,915825	0,838735	50,89053	27	0,003605	0,023060
1	0,839883	0,705403	26,25697	16	0,050585	0,142993
2	0,717367	0,514615	9,75798	7	0,202752	0,485385

Fonte: Statistica 7 (2007)

5.3.1.3 O modelo helicoidal

À semelhança dos modelos vectoriais decrescente e constante, verificamos que o modelo helicoidal apresenta o maior valor para a correlação canônica dos dois conjuntos de variáveis 100% e estatisticamente significativo ($p < 0,001$) Quadros 5.5 e 5.6. Podemos também constatar que a variância extraída das variáveis de controle foi de 89% e das variáveis de resposta de 100% e que a redundância foi de 87% para as variáveis independentes e 98% para as variáveis dependentes.

Quadro 5.5- Resumo para o modelo helicoidal (Tendência 3)

Canonical Analysis Summary (Ecopontos-Pedro Oliveira) Canonical R: ,998996 Chi ² (27)= 102,1880p=0,0000		
	Left	Right
No. of variables	3	9
Variance extracted	100,000%	88,6380%
Total redundancy	98,3340%	87,4594%
Variables:		
1	Custo Recolha Vidro	(t/ecop.) Vidro
2	Custo Recolha Papel/Cartão	(t/ecop.) Papel/Cartão
3	Custo Recolha Embalagens	(t/ecop.) Embalagens
4		(km/ecop.) Vidro
5		(km/ecop.) Papel/Cartão
6		(km/ecop.) Embalagens
7		(recolhas/ecop.) Vidro
8		(recolhas/ecop.) Papel/Cartão
9		(recolhas/ecop.) Embalagens

Fonte: Statistica 7 (2007)

Quadro 5.6 - Significância das Raízes Canônicas do modelo helicoidal (Tendência 3)

Chi-Square Tests with Successive Roots Removed (Ecopontos-Pedro Oliveira)						
	Canoniel R	Canoniel R-sqr	Chi-sqr.	df	p	Lambda Prime
0	0,998996	0,997993	102,1880	27	0,000000	0,000001
1	0,994638	0,989305	55,6046	16	0,000003	0,000603
2	0,971411	0,943639	21,5698	7	0,003019	0,056361

Fonte: Statistica 7 (2007)

5.3.2 A interpretação económica dos pesos canónicos e o impacto dos custos na gestão dos resíduos: a necessidade de uma adequação

Sabendo que cada função canónica, relativa a cada uma das 3 tendências, é estatisticamente significativa, principalmente para a primeira raiz, é-nos possível continuar com a análise.

Deste modo, apresentam-se nos Quadros 5.7, 5.8 e 5.9 os pesos canónicos de cada uma das variáveis dependentes e independentes para cada um dos três modelos: vectorial decrescente, vectorial constante e helicoidal.

5.3.2.1 O modelo vectorial decrescente

Os resultados apresentados no Quadro 5.7 correspondem aos coeficientes das combinações lineares que constituem as variáveis das funções canônicas, representando a sua contribuição relativa a cada valor teórico.

Quadro 5.7 - Pesos canônicos para cada uma das várias variáveis dependentes e independentes do modelo vectorial decrescente (Tendência 1)

Tendência 1		
Variáveis Dependentes		
	Root 1	Root 2
Custo Recolha Vidro	-0,74963	-0,665
Custo Recolha Papel/Cartão	2,63343	-6,362
Custo Recolha Embalagens	-1,21279	6,9205
Variáveis Independentes		
	Root 1	Root 2
(t/ecop.) Vidro	2,01709	-10,85
(t/ecop.) Papel/Cartão	4,76168	-12,01
(t/ecop.) Embalagens	-4,2514	19,661
(km/ecop.) Vidro	-0,01156	-1,135
(km/ecop.) Papel/Cartão	0,2249	-1,365
(km/ecop.) Embalagens	-0,26303	2,7073
(recolhas/ecop.) Vidro	-2,29659	10,6374
(recolhas/ecop.) Papel/Cartão	-4,35087	11,4791
(recolhas/ecop.) Embalagens	5,12142	-19,667

Fonte: Estatística 7 (2007)

Deste modo, a primeira e única função canônica considerada na análise, para o modelo vectorial decrescente, é:

$$\begin{aligned}
 & -0,74963 \text{ Custo Recolha Vidro} + 2,63343 \text{ Custo Recolha Papel/Cartão} - 1,21279 \text{ Custo Recolha Embalagens} \\
 & = 2,01709 \text{ (t/ecop.) Vidro} + 4,76168 \text{ (t/ecop.) Papel/Cartão} - 4,2514 \text{ (t/ecop.) Embalagens} - 0,01156 \\
 & \text{(km/ecop.) Vidro} + 0,2249 \text{ (km/ecop.) Papel/Cartão} - 0,26303 \text{ (km/ecop.) Embalagens} - 2,29659 \text{ (recolhas/ecop.)} \\
 & \text{Vidro} - 4,35087 \text{ (recolhas/ecop.) Papel/Cartão} + 5,12142 \text{ (recolhas/ecop.) Embalagens}
 \end{aligned}$$

Podemos observar que as variáveis com maior peso são:

Variável Dependente : **Custo Recolha Papel/Cartão**
(variáveis de resposta)

Variáveis Independentes: **(t/ecop.) Papel/Cartão; (recolhas/ecop.) Embalagens**
(variáveis de controle)

De acordo com os respectivos coeficientes, ao verificar-se um aumento numa destas duas variáveis independentes, verificar-se-á também um aumento na variável dependente Custos Recolha Papel/Cartão.

Deste modo, segundo o resultado dos pesos canónicos, em situações em que o crescimento dos ecopontos esteja sobretudo associado aos ecopontos de Papel/Cartão e Embalagens, caso semelhante ao modelo vectorial decrescente (tendência 1) analisado neste ponto, e com o intuito da redução dos Custos de Recolha Papel Cartão (variável mais explicada), dever-se-á actuar nas duas variáveis independentes mais explicativas: (t/ecop.) Papel/Cartão e (recolhas/ecop.) Embalagens.

Por outras palavras, um maior controle nas variáveis (t/ecop.) Papel/Cartão e (recolhas/ecop.) Embalagens, produzirá um impacto imediato no custo de recolha dos ecopontos Papel/Cartão.

5.3.2.2 O modelo vectorial constante

Os resultados apresentados no Quadro 5.8 correspondem aos coeficientes das combinações lineares que constituem as variáveis das funções canônicas, representando a sua contribuição relativa a cada valor teórico.

Quadro 5.8 - Pesos canônicos para cada uma das várias variáveis dependentes e independentes do modelo vectorial constante (Tendência 2)

Tendência 2		
Variáveis Dependentes		
	Root 1	Root 2
Custo Recolha Vidro	-2,12029	2,7717
Custo Recolha Papel/Cartão	1,76616	-18,13
Custo Recolha Embalagens	1,23957	15,487
Variáveis Independentes		
	Root 1	Root 2
(t/ecop.) Vidro	158,348	50,196
(t/ecop.) Papel/Cartão	78,039	23,012
(t/ecop.) Embalagens	-121,87	-37,73
(km/ecop.) Vidro	0,369	0,9273
(km/ecop.) Papel/Cartão	0,482	-1,75
(km/ecop.) Embalagens	-0,463	0,8352
(recolhas/ecop.) Vidro	-159,134	-50,28
(recolhas/ecop.) Papel/Cartão	-76,88	-24,24
(recolhas/ecop.) Embalagens	122,353	39,061

Fonte: Estatística 7 (2007)

Deste modo, a primeira e única função canônica considerada na análise, para o modelo vectorial constante, é:

$$\begin{aligned}
 & - \mathbf{2,12029} \text{ Custo Recolha Embalagens} + \mathbf{1,76616} \text{ Custo Recolha Papel/Cartão} + \mathbf{1,23957} \text{ Custo Recolha Vidro} \\
 & = \mathbf{158,348} \text{ (t/ecop.) Vidro} + \mathbf{78,039} \text{ (t/ecop.) Papel/Cartão} - \mathbf{121,87} \text{ (t/ecop.) Embalagens} + \mathbf{0,369} \text{ (km/ecop.)} \\
 & \text{Vidro} + \mathbf{0,482} \text{ (km/ecop.) Papel/Cartão} - \mathbf{0,463} \text{ (km/ecop.) Embalagens} - \mathbf{159,134} \text{ (recolhas/ecop.) Vidro} - \\
 & \mathbf{76,88} \text{ (recolhas/ecop.) Papel/Cartão} + \mathbf{122,353} \text{ (recolhas/ecop.) Embalagens}
 \end{aligned}$$

Podemos, constatar que as variáveis com maior peso são:

Variável Dependente: **Custo Recolha Vidro**
(variáveis de resposta)

Variáveis Independentes: **(t/ecop.) Vidro ; (recolhas/ecop.) Vidro**
(variáveis de controle)

Quando se verifica um aumento nas **(t/ecop.) Vidro** ou uma diminuição no número de **(recolhas/ecop.) Vidro** (Variáveis Independentes), vai-se verificar também uma diminuição do **Custo Recolha Vidro** (Variável Dependente).

Assim, segundo o resultado dos pesos canónicos, de modo a obter-se uma redução dos Custos Recolha Vidro (variável mais explicada), em situações em que o crescimento dos ecopontos esteja principalmente associado aos ecopontos de Vidro e de Papel/Cartão, como é o caso do modelo vectorial constante (tendência 2) analisada neste ponto, dever-se-á actuar nas duas variáveis independentes mais explicativas: **(t/ecop.) Vidro** e **(recolhas/ecop.) Vidro**, devendo-se, por isso, tentar efectuar menos recolhas e com maior quantidade de resíduos recolhidos.

Por outras palavras, um maior controle nas variáveis **(t/ecop.) Vidro** e **(recolhas/ecop.) Vidro**, produzirá um impacto imediato no custo de recolha dos ecopontos de Vidro.

5.3.2.3 O modelo helicoidal

Os resultados apresentados no Quadro 5.9, correspondem aos coeficientes das combinações lineares que constituem as variáveis das funções canônicas, representando a sua contribuição relativa a cada valor teórico.

Quadro 5.9 - Pesos canônicos para cada uma das várias variáveis dependentes e independentes do modelo helicoidal (Tendência 3)

Tendência 3		
Variáveis Dependentes		
	Root 1	Root 2
Custo Recolha Vidro	0,08632	-0,463
Custo Recolha Papel/Cartão	-9,3552	7,2576
Custo Recolha Embalagens	9,81433	-6,039
Variáveis Independentes		
	Root 1	Root 2
(t/ecop.) Vidro	-75,1037	42,262
(t/ecop.) Papel/Cartão	-57,5461	-53,97
(t/ecop.) Embalagens	81,8897	-0,064
(km/ecop.) Vidro	-0,0132	1,8749
(km/ecop.) Papel/Cartão	-1,7305	-1,79
(km/ecop.) Embalagens	1,6717	-51,63
(recolhas/ecop.) Vidro	74,7896	-43,1
(recolhas/ecop.) Papel/Cartão	57,3944	55,6
(recolhas/ecop.) Embalagens	-81,537	52,142

Fonte: Statistica 7 (2007)

Deste modo, a primeira e única função canônica considerada na análise, para o modelo helicoidal, é:

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{0,08632} \text{ Custo Recolha Embalagens} - \mathbf{9,3552} \text{ Custo Recolha Papel/Cartão} + \mathbf{9,81433} \text{ Custo Recolha Vidro} = \\
 & \mathbf{-75,1037} \text{ (t/ecop.) Vidro} - \mathbf{57,5461} \text{ (t/ecop.) Papel/Cartão} + \mathbf{81,8897} \text{ (t/ecop.) Embalagens} - \mathbf{0,0132} \\
 & \text{(km/ecop.) Vidro} - \mathbf{1,7305} \text{ (km/ecop.) Papel/Cartão} + \mathbf{1,6717} \text{ (km/ecop.) Embalagens} + \mathbf{74,7896} \text{ (recolhas/ecop.)} \\
 & \text{Vidro} + \mathbf{57,3944} \text{ (recolhas/ecop.) Papel/Cartão} - \mathbf{81,537} \text{ (recolhas/ecop.) Embalagens}
 \end{aligned}$$

Podemos constatar que as variáveis com maior peso são:

Variável Dependente: **Custo Recolha Embalagens**
(variáveis de resposta)

Variáveis Independentes: **(t/ecop.) Embalagens ; (recolhas/ecop.) Embalagens**
(variáveis de controle)

Deste modo, quando se verifica um aumento nas **(t/ecop.) Embalagens** ou uma diminuição no número de **(recolhas/ecop.) Embalagens** (Variáveis Independentes), vai-se verificar também um aumento do **Custo Recolha Embalagens** (Variável Dependente).

Assim, segundo o resultado dos pesos canónicos, para situações semelhantes ao modelo helicoidal (tendência 3) em que o crescimento dos ecopontos esteja principalmente associado aos ecopontos de Papel/Cartão, a redução dos Custos Recolha Embalagens (variável mais explicada), implicará actuar nas duas variáveis independentes mais explicativas: **(t/ecop.) Embalagens** e **(recolhas/ecop.) Embalagens**.

Por outras palavras, é possível dizer que, um maior controle nas variáveis **(t/ecop.) Embalagens** e **(recolhas/ecop.) Embalagens**, produzirá um impacto imediato no custo de recolha dos ecopontos de Embalagens.

6

CONCLUSÕES

6.1 Síntese

Atendendo ao objectivo geral desta investigação, “analisar e interpretar as tendências no crescimento do número e dos vários tipos de ecopontos nos 16 concelhos algarvios, para o período 2003-2009”, podemos concluir que:

1. Foi verificado um crescimento do número dos três tipos de ecopontos ao longo dos anos do período em análise, tendo sido esta evolução cerca de 8% ao ano. No seu todo, o maior aumento foi o de ecopontos de Papel/Cartão, seguindo-se os ecopontos de Embalagens e os ecopontos de Vidro; no entanto, no início do período em análise, o número de ecopontos de Vidro era superior aos de Papel/Cartão e Embalagens, facto que se continuou a verificar no final do período.

2. O esquema metodológico utilizado é robusto, o HJ-BIPLLOT, permitiu uma interpretação otimizada dos dados iniciais que permitiu avaliar a evolução do número de ecopontos e respectivas tendências associadas às alterações das políticas e interesses ambientais. A Análise de Correlação Canónica forneceu informação sobre a forma como cada variável contribui para os Custos de Recolha de cada tipo de material.

3. Foram identificadas três tendências de evolução dos ecopontos nos concelhos algarvios, estando estas relacionadas com o tipo de resíduo que cada ecoponto colocado recolhia. Assim, a primeira tendência (modelo vectorial decrescente) está relacionada com um aumento sobretudo dos ecopontos de Papel/Cartão e Embalagens; a segunda tendência (modelo vectorial constante) está relacionada com o aumento dos ecopontos para recolha de resíduos de Vidro e de Papel/Cartão; a terceira tendência (modelo helicoidal) está relacionada com o aumento dos ecopontos de recolha de resíduos de Papel/Cartão.

Relativamente aos objectivos específicos, analisar e diagnosticar o impacto nos custos que a empresa ALGAR, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A., suporta com a recolha dos ecopontos Vidro, Embalagens e Papel/Cartão, dadas as tendências observadas, designadamente, no que concerne:

- aos quilómetros efectuados nas recolhas;
- ao número de recolhas (número de levantamentos de ecopontos);
- às toneladas de resíduos recolhidas em cada recolha.

1. Verificamos que, para a primeira tendência (modelo vectorial decrescente), a variável mais explicada foi o Custo de Recolha com os Ecopontos de Papel/Cartão, e que as variáveis que mais explicam esse custo são em primeiro lugar (t/ecop.) Papel/Cartão e em segundo lugar (recolhas/ecop.) Embalagens, sendo que a variável (km/ecop.) é considerada insignificante para a explicação dos custos.

2. Apuramos que para a segunda tendência (modelo vectorial constante), a variável mais explicada foi o Custo de Recolha com os Ecopontos de Vidro, e que as variáveis que mais explicam esse custo são em primeiro lugar (t/ecop.) Vidro e em segundo lugar (recolhas/ecop.) Vidro, sendo também para este modelo a variável (km/ecop.) considerada insignificante para a explicação dos custos.

3. Podemos concluir que, para a terceira tendência (modelo helicoidal), a variável mais explicada foi o Custo de Recolha com Ecopontos de Embalagens, e que as variáveis que mais explicam esse custo são em primeiro lugar (t/ecop.) Embalagens e em segundo lugar (recolhas/ecop.) Embalagens, sendo a variável (km/ecop.), à semelhança dos modelos vectoriais decrescente e constante, considerada insignificante para a explicação dos custos.

6.2 Recomendações

Como recomendação para uma gestão do processo de recolhas mais proveitoso e com menores custos, propomos que sejam equacionadas logo que possível:

A troca por ecopontos de maior capacidade, em zonas de grandes aglomerados populacionais e onde a frequência de recolha é mais elevada. Uma maior informação aos utilizadores dos ecopontos, sugerindo e lembrando, que se espalmem as embalagens de modo a que hajam menos espaços mortos nos contentores e deste modo seja necessário proceder a menos recolhas

6.3 Sugestões para investigações futuras

No seguimento desta investigação e como recomendação para futuros trabalhos, pensamos que poderia ser vantajoso separar/discriminar os concelhos do barlavento dos do sotavento, para efeitos de eficácia na implementação de estratégias municipais. Pensamos também que poderia ser proveitoso considerar, para efeitos de controle de custos, um período de análise mensal ao invés de anual.

BIBLIOGRAFIA

Abreu, M. A., Vetter, D. (1978). A análise de relações entre conjuntos de variáveis na matriz geográfica: correlação canónica. In Faissol, S. (Coord.) *Tendências actuais na geografia urbano/regional: teorização e quantificação* (pt.133-144). Rio de Janeiro: IBGE.

Batool, Syeda Adila; Chaudhry, Nawaz; Majeed, Khalid (2008) “Economic potential of recycling business in Lahore, Pakistan” *Waste Management* **28**: 294–298

Beigl, Peter; Salhofer, Stefan (2004) “Comparison of ecological effects and costs of communal waste management systems” *Resources, Conservation and Recycling* **41**: 83–102

Bel, Germà; Fageda, Xavier (2010) “Empirical analysis of solid management waste costs: Some evidence from Galicia, Spain” *Resources, Conservation and Recycling* **54**: 187–193

Bel, Germà; Mur, Melania (2009) “Intermunicipal cooperation, privatization and waste management costs: Evidence from rural municipalities” *Waste Management* **29**: 2772–2778

Bohara, Alok K.; Caplan, Arthur J.; Grijalva, Therese (2007) “The effect of experience and quantity-based pricing on the valuation of a curbside recycling program” *Ecological Economics* **64**: 433 – 443

Bohm, Robert A.; Folz, David H.; Kinnaman, Thomas C.; Podolsky, Michael J. (2010) “The costs of municipal waste and recycling programs”, *Resources, Conservation and Recycling* **54**: 864-871

Bovea, M.D.; Ibáñez-Forés, V.; Gallardo, A. ; Colomer-Mendoza, F.J. (2010) “Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study” *Waste Management (In Press)*

Bovea, M.D.; Powell, J.C.; Gallardo, A.; Capuz-Rizo, S.F. (2007) “The role played by environmental factors in the integration of a transfer station in a municipal solid waste management system”, *Waste Management* **27**: 545–553

Cruz, C. D., Regazzi, A. J. (1994). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa, MG: UFV. Imprensa Universitária.

Couth, R.; Trois, C. (2010) “Carbon emissions reduction strategies in Africa from improved waste management: A review” *Waste Management (In Press)*

Craighill, Amelia L.; Powell, Jane C. (1996) “Lifecycle assessment and economic evaluation of recycling: a case study” *Resources, Conservation and Recycling* **17**: 75-96

CIDER Centro de Investigação de Desenvolvimento e Economia Regional (1997) *ALGAR Valorização e tratamento de Resíduos Sólidos S.A. Avaliação do Custo-Benefício do Projecto de Sistema Regional de Recolha Selectiva, Triagem e tratamento de R.S.U. do Algarve*, Faro, CIDER;

Comissão Europeia (2006) *Um Ambiente de Qualidade – O Contributo da EU*. Bruxelas: Comissão Europeia;

Cotterill, Sarah; John, Peter; Liu, Hanhua; Nomura, Hisako (2009) “Mobilizing citizen effort to enhance environmental outcomes: A randomized controlled trial of a door-to-door recycling campaign”, *Journal of Environmental Management* **91**: 403–410

Decreto-Lei nº 109/95

Dunteman, G.H. (1984). *Introduction to multivariate analysis*. Beverly Hills. Sage Publications.

EPA (1995) “Recycling Means Business”

<http://www.epa.gov/wastes/conservation/rrr/pubs/rmb.pdf>

(consultado em 17/10/2010)

EPA (1997) “Jobs Through Recycling Program”
<http://www.epa.gov/wastes/conservation/rrr/rmd/docs/jtr.pdf>
(consultado em 17/10/2010)

European Commission (1996) “Cost-Benefit Analysis of the different municipal solid waste management systems: Objectives and instruments for the year 2000”, Italy, European Commission

Evison, Tom; Read, Adam D. (2001) “Local Authority recycling and waste - awareness publicity/promotion” *Resources, Conservation and Recycling* **32**: 275–291

Faissol, S. (1978) *Tendências actuais na geografia urbano/regional: teorização e quantificação*, Rio de Janeiro: IBGE.

Fernández-Bouza, Xosé A. (2001). Resíduos e educación ambiental. In Soto, M. e Vega, A (Coord.) *Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos* (pt.59-73). A Coruña: Universidade da Coruña.

Ferrara, Ida; Missios, Paul (2005) “Recycling and Waste Diversion Effectiveness: Evidence from Canada” *Environmental & Resource Economics* **30**: 221–238

Figueiredo, J. N.; Mayerle S. F. (2008) "Designing minimum-cost recycling collection networks with required throughput” *Transportation Research Part E* **44**: 731–752

Galindo, M. P. (1985). *Contribuciones a la Representación Simultánea de Datos Multidimensionales*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.

Galindo, M. P. (1986) “Una alternativa de representación simultánea: HJ-BILOT”, *Qüestió* **10**: 13-23

Galindo, M. P. y Cuadras, C. M. (1986). “Una extensión del método Biplot y su relación con otras técnicas”. *Publicaciones de Bioestadística y Biomatemática* **17**. Universidad de Barcelona.

González-Torre, P.L.; Adenso-Díaz, B. (2005) “Influence of distance on the motivation and frequency of household recycling” *Waste Management*, **25**: 15–23

Grodzinska-Jurczak, M.; Tomal, P.; Tarabuła-Fiortak, M.; Nieszporek, K.; Read, A.D.. (2006) “Effects of an educational campaign on public environmental attitudes and behaviour in Poland” *Resources, Conservation and Recycling* **46**: 182–197

Hage, Olle; Söderholm, Patrik (2008) “An econometric analysis of regional differences in household waste collection: The case of plastic packaging waste in Sweden”, *Waste Management* **28**: 1720-1731

Hair, Joseph F, Jr.; Anderson, Rolph E.; Tatham, Ronald L.; Black, William C.(1998) *Multivariate Data Analysis*, 5th edition, New Jersey, Prentice Hall, Inc.

Hotelling, H. (1936) “Relations between two sets of variants”, *Biometrika* **28**: 321-377

Huhtala, Anni; (1997) “A Post-Consumer Waste Management Model for Determining Optimal Levels of Recycling and Landfilling” *Environmental and Resource Economics* **10**: 301–314

INE, I. P. (2007) *Estatísticas Demográficas 2006*, Lisboa-Portugal

INE, I. P. (2008) *Estatísticas Demográficas 2007*, Lisboa-Portugal

INE, I. P. (2009) *Estatísticas Demográficas 2008*, Lisboa-Portugal

Johnson, R. A.; Wichern, D. W. (1988). *Applied multivariate statistical analysis*, New Jerse, Prentice-Hall.

Kaplowitz, Michael D.; Yeboah, Felix K.; Thorp, Laurie; Wilson, Aimee M. (2009) “Garnering input for recycling communication strategies at a Big Ten University”, *Resources, Conservation and Recycling* **53**: 612–623

Kendall, M. (1980). *Multivariate analysis*. Charles Griffing.

Kinnaman, Thomas C.; Fullerton, Don. (2000) “Garbage and Recycling with Endogenous Local Policy.” *Journal of Urban Economics*. **48**: 419-442

Kipperberg; Gorm, (2007) “A Comparison of Household Recycling Behaviors in Norway and the United States”, *Environmental & Resource Economics* **36**: 215–235

Larsen, A.W.; Merrild, H.; Møller, J.; Christensen, T.H. (2010) “Waste collection systems for recyclables: An environmental and economic assessment for the municipality of Aarhus (Denmark)” *Waste Management* **30**: 744–754

Lavee, Doron; Khatib, Mahmood (2010) “Benchmarking in municipal solid waste recycling” *Waste Management (In Press)*

Leu, Horng-Guang; Lin, Sheng H. (1998) “Cost–benefit analysis of resource material Recycling” *Resources, Conservation and Recycling* **23**: 183–192

Lin, Hung-Yueh; Chen, Guan-Hwa (2009) “Regional optimization model for locating supplemental recycling depots”, *Waste Management* **29**: 1473-1479

Lin, Hung-Yueh; Chen, Guan-Hwa; Lee, Pei-Hao; Lin, Chun-Hsu (2010) “An interactive optimization system for the location of supplementary recycling depots”, *Resources, Conservation and Recycling* **54**: 615-622

Lombrano, Alessandro (2009) “Cost efficiency in the management of solid urban waste” *Resources, Conservation and Recycling* **53**: 601–611

Martinho, Maria G. M.; Gonçalves, Maria G. P. (2000) *Gestão de Resíduos*, Lisboa, Universidade Aberta;

Matsui, Yasuhiro; Tanaka, Masaru; Ohsako, Masahiro (2007) “Study of the effect of political measures on the citizen participation rate in recycling and on the environmental load reduction” *Waste Management* **27**: S9–S20

McLeod, Fraser; Cherrett, Tom (2008) “Quantifying the transport impacts of domestic waste collection strategies” *Waste Management* **28**: 2271–2278

Ministério do Ambiente e do Ornamento do Território, (2000), Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve, Ministério do Ambiente e do Ornamento do Território

Ministério do Ambiente, do Território e do Desenvolvimento Regional (2007), *PERSU II – Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007-2016*, Ministério do Ambiente, do território e do desenvolvimento Regional;

Nuortio, Teemu; Kytöjoki, Jari; Niska, Harri; Bräysy, Olli (2006) “Improved route planning and scheduling of waste collection and transport”, *Expert Systems with Applications* **30**: 223–232

OTTO (1998) Estudo de Implantação dos Ecopontos Cyclea, Lisboa

Özeler, D.; Yetis, Ü.; Demirer, G.N. (2006) “Life cycle assesment of municipal solid waste management methods: Ankara case study” *Environment International* **32**: 405 – 411

Portaria nº15/96, de 23 de Janeiro

Read, Adam D. (1999) ““A weekly doorstep recycling collection, I had no idea we could!” Overcoming the local barriers to participation”, *Resources, Conservation and Recycling* **26**: 217–249

Salhofer, Stefan; Schneider, Felicitas; Obersteiner, Felicitas (2007) “The ecological relevance of transport in waste disposal systems in Western Europe” *Waste Management* **27**: S47–S57

Serviços Municipalizados de Loures (2000), *Guia da Reciclagem*, Loures, Serviços Municipalizados de Loures;

Sidique, Shaufique F.; Joshi; Satish V.; Lupi, Frank (2010a) “Factors influencing the rate of recycling: An analysis of Minnesota counties”, *Resources, Conservation and Recycling* **54**: 242-249

Sidique, Shaufique F.; Joshi; Satish V.; Lupi, Frank (2010b) “The effects of behavior and attitudes on drop-off recycling activities””, *Resources, Conservation and Recycling* **54**: 163-170

Siegel, S. (1975). *Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento*, São Paulo, McGraw-Hill.

Soto, M.; Vega A. (2001) *Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos*, A Coruña: Universidade da Coruña;

Speirs, D.; Tucker, P. (2001) “A profile of recyclers making special trips to recycle” *Journal of Environmental Management* **62**: 201–220

Suttibak, Samonporn; Nitivattananon, Vilas (2008) “Assessment of factors influencing the performance of solid waste recycling programs” *Resources, Conservation and Recycling* **53**: 45-56

The Kindred Association (1994), *A Practical Recycling Handbook*, London, Thomas Telford;

Troschinetz, Alexis M.; Mihelcic, James R. (2006) “Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries” *Waste Management* **29**: 915–923

Vining, Joanne; Linn, Nancy; Burdge, Rabel J. (1992), “Why Recycle? A Comparison of Recycling - Motivations in Four Communities”, *Environmental Management* **16**: 785–797

Wang, Jia; Han, Ling; Li, Shushu (2008) “The collection system for residential recyclables in communities in Haidian District, Beijing: A possible approach for China recycling” *Waste Management* **28**: 1672–1680

Yu, Pei-Hai, Leu, Horng-Guang, Lin, Sheng H. (1996) “Analysis of a municipal recyclable material recycling program” Resources, Conservation and Recycling **17**: 47 – 56

Zhang, Dongqing; Keat, Tan Soon; Gersberg, Richard M. (2010) “A comparison of municipal solid waste management in Berlin and Singapore” *Waste Management* **30**: 921–933

Sítios:

Sítio da Agência Portuguesa do Ambiente:

<http://siddamb.apambiente.pt/> Acedido em Maio 2010

Sítio da Sociedade Ponto Verde:

<http://www.pontoverde.pt/indexpv.asp?opc=itsnomobile> Acedido em Maio 2010