

Universidade do Minho
Escola de Economia e Gestão

Luís Diogo Araújo Arezes

**Impacto das Externalidades Ambientais
no Desenvolvimento Sustentável:
O Problema das Escorrências Rodoviárias**



Universidade do Minho
Escola de Economia e Gestão

Luís Diogo Araújo Arezes

**Impacto das Externalidades Ambientais
no Desenvolvimento Sustentável:
O Problema das Escorrências Rodoviárias**

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Estudos de Gestão

Trabalho efetuado sob a orientação da
Professora Doutora Lígia Maria Costa Pinto
e do
Professor Doutor Paulo Jorge Ramísio Pernagorda

abril de 2017

AGRADECIMENTOS

Alguém disse um dia que, “no final, não são os anos na vida que contam, mas, sim, a vida nos seus anos”. Esta etapa que agora chega ao fim foi, sem dúvida, uma fantástica aventura, carregada de grandes aprendizagens e valiosas lições. E foi-o muito por culpa de todas as pessoas que se cruzaram comigo ao longo deste tempo. Cabe-me, assim, agradecer a cada uma por todas as recordações e marcas deixadas.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus orientadores, Professora Doutora Lúcia Pinto e Professor Doutor Paulo Ramísio, pela pronta disponibilidade com que acederam ao meu pedido de acompanhamento, pela vasta e profunda competência técnico-científica com que generosamente me brindaram e, sobretudo, pela amizade com que me foram ajudando a fazer o meu próprio caminho, com autonomia e responsabilidade.

À Professora Doutora Lúcia Pinto, quero manifestar a minha especial gratidão porque, para além de tudo, me desafiou a aprofundar e descobrir uma outra leitura dos números, na certeza de que por trás das estatísticas estão, quase sempre, pessoas, histórias de vida, frustrações e sonhos. Guardarei esta lição como pressuposto fundamental na abordagem das múltiplas situações do quotidiano.

Ao Professor Doutor Paulo Ramísio, quero exprimir o meu particular apreço e consideração, quer pelo raro privilégio com que me distingue, ao trabalhar diretamente com ele, quer por todo o apoio e atenção prestados diariamente. A sua presença e a sua palavra constituem uma inspiração permanente e um estímulo desmedido na prossecução de objetivos e no alargar de novos horizontes.

Desejo ainda exprimir o meu mais sincero reconhecimento à Universidade do Minho, por tão bem me ter acolhido e por, desde a primeira hora, me ter feito sentir parte desta grande Instituição. Agradeço, de igual modo, todas as oportunidades e desafios que me proporcionou. Durante os últimos anos, a UMinho

foi, indubitavelmente, uma verdadeira Casa, da qual muito me orgulho de ter feito e de continuar a fazer parte.

À minha namorada, Cátia Azevedo, e aos meus amigos, os novos e os de sempre, um enorme agradecimento. Foram, realmente, fantásticos, marcando presença em todos os momentos e apoiando-me em cada passo e em cada decisão. Sem dúvida que o que sou hoje o devo, em boa medida, a todos e a cada um. Ajudaram e continuam a contribuir, fortemente, para a minha realização pessoal, académica e profissional. A todos, o meu muito obrigado, com a certeza de que vou continuar a querer-vos sempre por perto, em todos os desafios futuros.

Por último, uma palavra de profunda gratidão à minha família. Aos meus pais, por sempre me terem oferecido as melhores oportunidades, por estarem sempre presentes em todos os momentos, por todos os estímulos que me deram ao longo da minha formação e por tão bem me terem preparado para todos os desafios. À minha irmã, pelo apoio incondicional, pelos valiosos ensinamentos com que todos os dias me surpreende e por toda a sua bondade e enorme coração. À minha madrinha, pela companhia em todas as situações e pela valiosa ajuda com que me presenteou durante todas as etapas da minha vida. Sem vocês, nada disto seria possível. O meu muito, muito obrigado!

RESUMO

A definição de planos e de estratégias de desenvolvimento sustentável assume-se cada vez mais como uma prioridade. Neste contexto, a definição de programas de proteção e de gestão das mais diversas fontes de água são uma necessidade imediata e urgente, sobretudo se tivermos em conta que o precioso líquido desempenha um papel decisivo na sobrevivência dos seres vivos.

As águas pluviais e as escorrências rodoviárias não são exceção, sendo por isso essencial estudar e aplicar sistemas e soluções que salvaguardem a qualidade da água. Fruto da intensa circulação automóvel na vasta rede de vias de comunicação que são características do mundo desenvolvido, as escorrências apresentam-se como uma potencial fonte poluente das zonas envolventes, podendo causar sérios impactos na vida das populações. Trata-se de uma externalidade ambiental de enorme relevo na atualidade, que merece uma análise aprofundada e um cuidadoso estudo, de forma a tornar possível definir soluções e estratégias de combate a este problema.

Nesta dissertação, assente no *Método de Valoração Contingente*, foi elaborado um inquérito, para avaliar a perceção das pessoas e das comunidades em relação ao impacto que estas águas apresentam no seu dia a dia, até quanto e como estão dispostas a contribuir para esta causa e de que forma pretendem que os decisores públicos enfrentem o problema. Espera-se proporcionar um contributo para a aplicação de estratégias de cofinanciamento para programas holísticos e integrados que, por um lado, mitiguem os efeitos negativos das escorrências e, por outro, potenciem o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida das populações.

Palavras-chave: desenvolvimento sustentável; externalidades ambientais; águas pluviais; escorrências rodoviárias; poluição hídrica; método de valoração contingente; gestão ambiental.

ABSTRACT

The definition of plans and strategies that promote sustainable development are becoming a priority in communities around the world.

Due to its vital role in the life of all living beings, programs aiming the protection of water are crucial for the life and the well-being of the population.

Highway and urban runoff are no exception. It is essential to study and apply systems and solutions that safeguard their quality. Increased traffic and the continuous growth of highways are resulting in a significant pollutant mass flux to the environment, contaminating the surrounding areas, and risking ecosystems and the quality of life. These effects are an environmental externality of great importance in the current context. Therefore, they deserve a holistic analysis and a careful study in order to implement viable solutions and efficient strategies.

Based on the Contingency Valuation Method, a survey with the following goals was conducted: to evaluate the perception of the communities about the impact of water runoff in their daily life, to estimate how much and in what form communities are willing to contribute to this cause, and to understand what communities expect from policy-makers in the future.

The results constitute a both holistic and integrated strategies and programs which mitigate the negative effects of runoffs and contribute to the definition of co-financing solutions for the promotion of sustainable development and well-being of communities.

Keywords: sustainable development; environmental externalities; rainwater; urban runoff; water pollution; contingent valuation method; environmental management.

CONTEÚDO

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Lista de Figuras.....	xi
Siglas e Acrónimos.....	xv
Capítulo 1: Introdução e Objetivos.....	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Objetivos.....	7
Capítulo 2: Enquadramento e Relevância do Tema.....	9
2.1 Externalidades Ambientais.....	9
2.2 Modelos de Desenvolvimento e Rede Rodoviária.....	17
2.3 A Necessidade de um Desenvolvimento Sustentável.....	22
2.4 Importância das Águas Pluviais na Sustentabilidade.....	29
2.5 Legislação Associada à Gestão de Águas Pluviais.....	34
Capítulo 3: Gestão Sustentável de Escorrências Rodoviárias.....	39
3.1 Introdução.....	39
3.2 Condicionantes do Impacto das Escorrências Rodoviárias.....	42
3.3 Sistemas de Tratamento e Controlo de Escorrências Rodoviárias.....	45

3.3.1	Soluções de Controlo na Origem	46
3.3.2	Bacias de Retenção	47
3.3.3	Filtros Granulares.....	49
3.3.4	Pavimentos Permeáveis e Pavimentos Reservatório	51
3.3.5	Órgãos de Retenção de Óleos e Sedimentos	53
3.3.6	Trincheiras de Infiltração.....	54
3.3.7	Valas Vegetadas.....	56
3.4	Custos Referentes às Escorrências Rodoviárias	58
3.4.1	Custos Associados ao não Tratamento das Escorrências	58
3.4.2	Custos Associados a Sistemas de Tratamento das Escorrências	59
Capítulo 4:	Análise do Impacto das Escorrências Rodoviárias	65
4.1	Introdução.....	65
4.2	Método de Valoração Contingente.....	69
4.3	Definição e Apresentação do Inquérito	77
4.4	Apresentação e Análise dos Resultados do Teste-Piloto	84
4.5	Apresentação dos Resultados	86
4.5.1	Caracterização do Perfil dos Inquiridos	86
4.5.2	Avaliação da Perceção dos Inquiridos	89
4.6	Análise e Discussão dos Resultados.....	98
Capítulo 5:	Conclusões e Perspetivas Futuras	107
5.1	Conclusões	107
5.2	Propostas de Investigações Futuras	114
Bibliografia	117
Webgrafia	129
Anexos	133
Anexo A	Inquérito: Externalidades Ambientais e Desenvolvimento Sustentável	135

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo da oferta e da procura de um mercado-tipo.	10
Figura 2: Exemplo da oferta e da procura de um mercado-tipo e respetivos custos externos.....	11
Figura 3: Exemplo da alteração da oferta e da procura de um mercado por via da incorporação de uma externalidade positiva.....	12
Figura 4: Análise de bem-estar de um mercado-tipo.	13
Figura 5: Análise de bem-estar de um mercado-tipo com incorporação das externalidades.....	13
Figura 6: População de cada continente em 2010 e projeção para o ano 2100.	17
Figura 7: Produção de veículos nas principais regiões do globo, nos anos de 2013 e 2014.....	18
Figura 8: Número médio de carros por cada mil habitantes nos países da União Europeia.....	18
Figura 9: Parque de veículos rodoviários motorizados presumivelmente em circulação, segundo o tipo de veículo.	19
Figura 10: Rede Rodoviária Nacional em 2013.....	19
Figura 11: Evolução da extensão da Rede Nacional de Autoestradas ao longo dos anos.	20
Figura 12: Amesterdão é um exemplo no que ao desenvolvimento sustentável diz respeito.	23
Figura 13: 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU para 2030.....	27
Figura 14: Inundações registadas em outubro de 2014 no Rossio, Lisboa.	29
Figura 15: A circulação automóvel é uma das principais causas de poluição das águas pluviais. .	30
Figura 16: Retrato típico de uma escorrência rodoviária.....	32

Figura 17: Principais origens e tipos de poluentes, tipicamente presentes nas escorrências rodoviárias.....	33
Figura 18: Rede de bacias de retenção na Ribeira de Couros, Guimarães.	48
Figura 19: Secção transversal de um filtro de areia.	50
Figura 20: Diferentes tipos de pisos permeáveis.....	52
Figura 21: Sistema separador de óleos e de gorduras.	54
Figura 22: Trincheira de infiltração usada num parque de estacionamento, na Austrália.	55
Figura 23: Vala de infiltração relvada integrada num espaço verde.	57
Figura 24: Custo total de uma bacia de retenção, em função do caudal total a tratar.	60
Figura 25: Custo total, num biofiltro, em função do caudal total a tratar.	60
Figura 26: Custos de operação e de manutenção de diversos sistemas de tratamento de águas pluviais.....	62
Figura 27: Percentagem do custo de operação e de manutenção em função do custo total, numa bacia de retenção.	62
Figura 28: Custo de um sistema de tratamento por quilómetro de autoestrada.	81
Figura 29: Resultados obtidos no que diz respeito à clareza de linguagem.....	85
Figura 30: Resultados referentes à questão sobre se existia alguma pergunta de difícil compreensão.	85
Figura 31: Representação geográfica da distribuição dos 1192 inquiridos.....	87
Figura 32: Distribuição em função do sexo dos inquiridos.....	87
Figura 33: Distribuição em função da idade dos inquiridos.	88
Figura 34: Habilitações literárias dos inquiridos.....	88
Figura 35: Rendimentos líquidos mensais dos inquiridos.....	89
Figura 36: Avaliação dos comportamentos e ações sustentáveis da sociedade portuguesa.....	89
Figura 37: Avaliação do impacto que as condições ambientais apresentam na qualidade de vida dos inquiridos.	90

Figura 38: Resultados da questão se o inquirido faz ou não separação seletiva do lixo em casa. .	91
Figura 39: Avaliação do impacto do trânsito rodoviário na qualidade do ambiente.....	91
Figura 40: Avaliação do impacto do trânsito rodoviário na qualidade das águas envolventes.....	92
Figura 41: Resultados da questão se está ou não familiarizado com o termo escorrências rodoviárias.	92
Figura 42: Avaliação das formas de deslocação preferenciais dos inquiridos.	93
Figura 43: Intervalo médio de quilómetros efetuados de carro, por semana.	93
Figura 44: Frequência de utilização das autoestradas.....	94
Figura 45: Gastos, semanais, com portagens de autoestradas.....	94
Figura 46: Avaliação da perceção dos inquiridos no que diz respeito ao investimento em sistemas de tratamento de escorrências rodoviárias.	95
Figura 47: Resultados da perceção dos indivíduos sobre se os utentes devem contribuir financeiramente para a implementação de sistemas de tratamento das escorrências rodoviárias.	95
Figura 48: Avaliação de quanto estaria disposto a contribuir em relação ao preço atual da portagem.	96
Figura 49: Resultados sobre se o desenvolvimento sustentável e a água devem ser uma prioridade nos próximos anos.....	96
Figura 50: Resultados sobre quem devem ser os intervenientes na promoção do desenvolvimento sustentável e na melhoria da qualidade das águas.	97
Figura 51: Representação esquemática dos três grandes grupos de variáveis independentes analisadas.....	99
Figura 52: Resultados referente à frequência de utilização de autoestradas vs. gastos semanais em portagens de autoestradas.....	100
Figura 53: Resultados referentes à participação dos utentes vs. disposição a contribuir em relação ao preço atual da portagem.	100
Figura 54: Apresentação dos resultados referentes à modelação efetuada.....	102

SIGLAS E ACRÓNIMOS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

ACAP – Associação Automóvel de Portugal

ACEA – European Automobile Manufacturers Association

ACP – Automóvel Club de Portugal

APESB – Associação Portuguesa de Engenharia Sanitária e Ambiental

ASCE – American Society of Civil Engineers

BMP – Best Management Practice

CALTRANS – California Department of Transportation

CIRIA – Construction Industry Research and Information Association

DPL – GCGSI – Departamento de Planeamento – Gabinete de Controlo de Gestão e Sistemas de Informação

ENDS – Estratégia Nacional Desenvolvimento Sustentável

EPA – United States Environmental Protection Agency

IMT, IP – Instituto da Mobilidade e dos Transportes, Instituto Público

INE, IP – Instituto Nacional de Estatística, Instituto Público

INIR – Instituto de Infraestruturas Rodoviárias

IOM – International Organization for Migration

Km – Quilómetro

LID – Low Impact Development

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MVC – Método de Valoração Contingente

µm – Micrómetro

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development

ONG – Organização Não Governamental

ONU – Organização das Nações Unidas

PENSAAR – Plano Estratégico Nacional para os Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais

pH – Potencial de hidrogénio

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PNUEA – Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

RNA – Rede Nacional de Autoestradas

SUDS – Sustainable Urban Drainage Systems

UE – União Europeia

UNDESA – United Nations Department of Economic and Social Affairs

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

UNFPA – United Nations Population Fund

UN-HABITAT – United Nations Human Settlements Programme

UNICEF – United Nations Children's Fund

USEPA – United States Environmental Protection Agency

WHO – World Health Organization

WSUD – Water Sensitive Urban Design

Capítulo 1:

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1 Introdução

O crescimento populacional, associado a uma cada vez maior globalização, leva a que, hoje em dia, os problemas e desafios a enfrentar pela sociedade sejam de uma complexidade crescente, exigindo respostas holísticas e que integrem as mais diversas áreas de conhecimento. A volatilidade dos modelos de desenvolvimento estabelecidos é uma constante, obrigando todas as regiões a estar em constante adaptação.

Os novos paradigmas económicos, a grande incerteza dos mercados financeiros, as profundas alterações sociais verificadas um pouco por todo o mundo e ainda a progressiva consciencialização da importância que o ambiente apresenta nas condições de saúde e de bem-estar das populações têm levado, nos últimos anos, a uma mudança gradual dos comportamentos e na forma como as pessoas encaram o futuro.

O desenvolvimento sustentável assume, neste contexto, um papel de destaque nas agendas das populações e dos decisores públicos. A definição de estratégias que visem o desenvolvimento presente sem, no entanto, hipotecar as gerações vindouras é um dever de cada um de nós, sendo, para isso, crucial definir programas de gestão de todos os recursos e promover a proteção de todas as espécies e *habitats*.

Em toda esta problemática, a água ganha uma importância prioritária, tanto mais que, sem ela, a vida, tal como a conhecemos, não seria possível. Infelizmente, o estudo e a compreensão deste recurso natural

nem sempre foram proporcionais ao papel crucial que desempenha na vida, tendo mesmo sido, muitas vezes, relegados para segundo plano.

Nas últimas décadas verifica-se, porém, uma crescente consciencialização da importância deste bem, comprovada pelo aumento do número de projetos de investigação e também pelo envolvimento e comprometimento das populações na sua proteção.

Não surpreende, por isso, que, na agenda do programa *Europa 2020*, da União Europeia, no qual são definidos prioridades e objetivos, se dê especial relevância à água como recurso escasso, cuja preservação é essencial, de forma a salvaguardar-se o desenvolvimento sustentável de todas as regiões, isto é, permitir e garantir o desenvolvimento às gerações do presente, sem nunca comprometer as vindouras de satisfazer as suas necessidades.

Fruto da crescente impermeabilização dos solos, assim como de precipitações cada vez mais incertas e concentradas – chovendo muito em curtos períodos de tempo –, as águas pluviais começam a merecer uma especial atenção, na medida em que têm um papel de relevo na qualidade do ambiente e das regiões. De facto, hoje em dia, a infiltração das águas da chuva nos solos é cada vez mais reduzida, situação que potencia cheias e inundações com elevados custos para as populações.

Além disso, o processo de escorrência destas águas pelos pavimentos acaba por resultar numa lavagem dos mesmos, transformando-as em focos e veículos de poluição que, inevitavelmente, contaminam os *habitats* e condicionam a qualidade de vida das pessoas e dos ecossistemas.

A inexistência de um tratamento adequado destes fluxos provoca, com frequência, efeitos agudos ou crónicos, quer no meio natural que os recebe, quer, indiretamente, na saúde pública. Seja como for, o custo e as consequências desta situação são imputados a toda a sociedade, traduzindo-se, por isso, em externalidades negativas.

Como resultado e tendo em conta que uma externalidade não é mais do que uma imposição de um efeito externo causado a terceiros, o desenvolvimento de estudos com o intuito de encontrar soluções que mitiguem estes impactos negativos é uma necessidade imediata. Sendo difíceis de estimar, as externalidades resultam, muitas vezes, em custos significativos, pelo que se torna crucial encontrar formas de as contabilizar na análise económica dos diferentes projetos, garantindo-se, assim, um forte contributo para o desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, escolheu-se o tema de trabalho *Impacto das Externalidades Ambientais no Desenvolvimento Sustentável: O Problema das Escorrências Rodoviárias*.

Um projeto de investigação apresenta-se sempre como um desafio de significativa complexidade e de incerteza, pressupondo, inevitavelmente, uma margem assinalável de iniciativa e de autonomia.

A temática despertou interesse, uma vez que possibilita analisar a relação entre as escorrências rodoviárias – águas resultantes da lixiviação das vias de comunicação e dos focos de múltiplos agentes contaminadores provenientes dos veículos – e a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável das regiões onde acontecem.

De facto, fruto do crescimento populacional e de uma sociedade cada vez mais global, as escorrências rodoviárias assumem, progressivamente, níveis de poluição significativos e com impactos cada vez maiores, seja a nível ambiental, seja a nível económico e financeiro. Por outro lado, o desenvolvimento sustentável afirma-se, cada vez mais, como uma prioridade para os decisores, pelo que o impacto que as escorrências podem apresentar nas regiões ganha um papel primordial para uma boa definição de planos de crescimento.

Questões como as escorrências rodoviárias e a poluição que, na grande maioria das vezes, lhes está associada vêm ganhando uma crescente dimensão global, dado que os seus efeitos não se restringem à região onde são produzidas. Pelo contrário, os impactos estendem-se pelas regiões vizinhas, pelo que medidas e soluções aplicadas a determinada área devem ser, sempre, tomadas com base numa visão integrada e holística.

Por outro lado, as restrições, cada vez maiores, ao nível financeiro fazem com que a busca de soluções ambientais economicamente viáveis e de baixo custo ganhem uma preponderância máxima na sociedade atual.

Face a esta situação, o presente trabalho de investigação apresenta duas grandes linhas de ação: uma de carácter mais teórico-conceptual e uma outra de âmbito mais prático.

Numa primeira fase, é realizado um enquadramento teórico no que diz respeito às externalidades ambientais, modelos de desenvolvimento territoriais – sobretudo no setor dos transportes e das vias de comunicação –, desenvolvimento sustentável e águas pluviais, fazendo sempre a ponte com a importância que estas áreas apresentam no bem-estar das populações. Num âmbito mais técnico, é ainda realizada uma caracterização geral das escorrências rodoviárias, com especial destaque para as vantagens, desvantagens, problemas e oportunidades que acarretam.

Quanto à segunda fase, de carácter mais prático, o foco assenta num estudo de caso. Partindo de um inquérito realizado com o intuito de avaliar a perceção das pessoas relativamente às escorrências

rodoviárias e à sustentabilidade, são apresentados os resultados e as principais conclusões, tendo sempre como objetivo principal a elaboração de contributos para a definição futura de estratégias e de planos sustentáveis que favoreçam a melhoria da qualidade de vida das mais diversas regiões.

No que concerne à estrutura da dissertação, no primeiro capítulo faz-se uma análise do conceito de “externalidades ambientais”, desde a sua origem até aos dias de hoje, tentando, por um lado, apresentar uma visão da sua evolução e, por outro, a sua relevância e importância, quer em termos económico-financeiros, quer para a sociedade em geral.

É também realizado um enquadramento no que diz respeito aos modelos de desenvolvimento das vias de comunicação e à evolução do mercado automóvel, com especial enfoque no caso de Portugal.

Aborda-se ainda a necessidade de um desenvolvimento sustentável por parte das mais diversas regiões, realçando os pilares económico, ambiental e social, pois só considerando estas três grandes áreas e abordando-as de uma forma integrada é que se pode chegar a medidas e a soluções verdadeiramente completas e que salvaguardem o futuro.

Por fim, analisa-se o impacto que as águas pluviais apresentam nas regiões, em especial nos ambientes onde se regista uma forte presença do ser humano que, com as suas ações, lança, muitas vezes, poluentes que acabam, inevitavelmente, por ser arrastados por elas, contaminando os cursos de água a jusante. Neste ponto, para além da apresentação das principais metodologias e conceitos do setor, faz-se também uma resenha da legislação vigente, tanto a nível nacional como a nível internacional.

O segundo capítulo, de carácter mais técnico, aborda exclusivamente as questões referentes às escorrências rodoviárias e respetiva gestão.

Numa primeira fase, são apresentados os principais condicionantes das escorrências rodoviárias, com influência direta no impacto que provocam no meio ambiente.

Procede-se também a uma análise dos principais sistemas de tratamento e para cada solução é realizada uma descrição sumária das suas características mais relevantes e uma explicação da sua metodologia de funcionamento, bem como das suas vantagens e desvantagens, oportunidades e problemas. De entre os múltiplos processos e mecanismos de controlo existentes para o tratamento das escorrências rodoviárias – sejam eles na origem ou posteriormente ao escoamento –, destacam-se as bacias de retenção, os filtros granulares, os pavimentos permeáveis e reservatórios, os órgãos de retenção de óleos, as trincheiras de infiltração e as valas vegetadas.

Por último, são apresentados os principais custos associados à gestão das escorrências rodoviárias, realizando-se uma análise não só dos impactos ao nível económico e financeiro, mas também dos custos ao nível social e ambiental, resultantes das decisões de gestão. Neste âmbito, subdividiu-se o ponto em dois grandes grupos: um referente aos custos resultantes do não tratamento das escorrências rodoviárias e outro referente aos custos associados à implementação de sistemas de tratamento.

O capítulo seguinte aborda o caso prático desenvolvido, tendo como grande objetivo a avaliação do impacto das escorrências rodoviárias nas populações.

Numa primeira etapa é feita uma exposição da metodologia adotada no decorrer do estudo. Relativamente ao *Método de Valoração Contingente*, procede-se a um enquadramento global, apresentando as suas principais características, vantagens e desvantagens.

Com base nesta metodologia, foi elaborado um inquérito com o objetivo primordial de estimar qual o real valor que as populações estão dispostas a pagar para a promoção de ações que visem a mitigação dos efeitos das escorrências rodoviárias nas autoestradas.

O estudo e o inquérito focaram-se unicamente em autoestradas, uma vez que são troços onde já existe um custo indexado ao seu uso, praticamente toda a rede está a ser concessionada e a ser gerida por empresas claramente identificadas e, também, por se assumirem como vias de comunicação com forte volume de tráfego e de grande extensão. Neste contexto, entendeu-se que a aplicação de medidas e de soluções que visem a melhoria da qualidade das escorrências rodoviárias é, numa primeira fase, mais fácil de operacionalizar em autoestradas do que noutras vias de comunicação, apresentando, simultaneamente, um grande impacto no ambiente e nas linhas de água das regiões envolventes.

Importa referir que foi também objetivo aprofundar qual a perceção da comunidade em relação à questão da sustentabilidade, com especial enfoque na área ambiental, e, por outro lado, obter uma noção mais clara sobre qual a forma de atuação que as pessoas identificam como sendo a mais correta a adotar no futuro.

Os resultados obtidos e a respetiva análise e discussão são também apresentados neste capítulo, realçando-se as principais oportunidades e ameaças encontradas e de que forma é que ambas podem contribuir para a melhoria, quer das características das águas de escorrência, quer da própria sustentabilidade das regiões.

Terminada a análise do caso de estudo, são explanadas, no último capítulo, as principais conclusões gerais, realçando-se um conjunto de propostas e de contributos que podem servir de base à definição,

no futuro, de programas que visem a melhoria deste recurso e, em consequência, da qualidade de vida das populações. São ainda expostas as perspectivas futuras no que diz respeito ao aprofundamento desta temática, enumerando-se aspetos em que uma forte investigação pode resultar em efeitos proveitosos para a sociedade.

Espera-se, assim, proporcionar uma mais-valia neste designio prioritário. De facto, as externalidades ambientais assumem-se, cada vez mais, como elementos-chave para um desenvolvimento sustentável. Nesta tarefa, avaliar a perceção das pessoas e das comunidades constitui um fator decisivo para a definição de estratégias e de planos de ação, holísticos, integrados, que visem um desenvolvimento não só a curto, mas também a médio e longo prazos.

Os impactos das escorrências rodoviárias são exemplo disso mesmo. Sendo a água um recurso escasso e crítico, mas fonte de vida, de bem-estar, de desenvolvimento das sociedades e de cultura, a sua preservação e valorização constitui um desafio premente, sob pena de, arruinando irremediavelmente a nossa Casa-Comum, pormos em risco o presente e o futuro da Humanidade.

1.2 Objetivos

O trabalho a desenvolver no decorrer desta dissertação tem sempre como foco quatro grandes objetivos.

O primeiro, que serve de base a tudo o resto, é o de contribuir para a mitigação do impacto das escorrências rodoviárias promovendo desta forma o desenvolvimento sustentável.

Estando o desenvolvimento sustentável cada vez mais presente nas agendas dos decisores públicos e no dia a dia das populações, perceber de que forma este tipo de água influencia a qualidade de vida das pessoas constitui algo de enorme relevância para toda a sociedade.

O segundo objetivo passa por compreender qual a sensibilidade da comunidade em relação a esta temática.

Se o desenvolvimento sustentável assenta na premissa de que convém criar condições de bem-estar às populações no presente e garantir que elas perdurem para as gerações vindouras, importa perceber qual a perceção dos cidadãos quanto à temática em estudo e definir uma forma que torne possível eliminar ou reduzir estas externalidades para a sociedade.

Efetivamente, o problema das escorrências rodoviárias assume-se como uma externalidade de enorme impacto na qualidade de vida circundante. Por outras palavras, trata-se de um problema sério, provocado pela circulação de veículos, cujos efeitos são imputados a toda a sociedade.

Importa ainda referir que é gritante a ausência de informações e de estudos nesta matéria, situação que torna a consecução deste objetivo muito difícil, mas ao mesmo tempo de enorme relevância para a definição de estratégias e de planos de desenvolvimento futuros por parte das mais diversas regiões.

Nesta linha de raciocínio, surge o terceiro grande objetivo deste projeto.

Conseguida uma visão sobre a perceção das populações no que às escorrências rodoviárias diz respeito, importa decifrar quais são as suas vontades quanto à maneira de atuação neste domínio. Perguntas como que medidas devem ser tomadas, de que forma e quem devem ser os pivôs prioritários são questões às quais se procura responder no decorrer da dissertação.

Ao mesmo tempo e com base nas conclusões extrapoladas deste estudo, é também objetivo apresentar um conjunto de linhas orientadoras e de princípios estratégicos que possam ser implementados nas mais diversas regiões do país.

A percepção dos inquiridos, no que diz respeito à importância atribuída às águas pluviais e às escorrências rodoviárias, e a sua abertura/ disponibilidade para contribuir, ativamente, para a melhoria das condições ambientais neste setor constituem bases de estudo de enorme relevância.

Neste contexto, a realização do inquérito – aliada à falta de informações e de estudos nesta área – ganha um destaque ainda maior, perfilando-se como um ponto de partida para a definição de programas holísticos e integrados que visem o desenvolvimento das comunidades.

Só conjugando, de forma equilibrada, a componente social – vontade, percepção e opinião das populações – com o setor económico-financeiro das regiões, o saber técnico e de engenharia e a área ambiental é que será possível desenvolver estratégias viáveis e positivas para as comunidades, a curto, médio e longo prazos.

Por fim, é ainda objetivo identificar um conjunto de propostas de áreas e pontos que mereçam mais investigação e estudos no futuro. Porque só com mais conhecimento e projetos desenvolvidos nesta área se poderá dar passos firmes rumo a um crescimento e desenvolvimento sustentáveis. Só assim se poderá preservar o presente e, simultaneamente, apontar caminho e salvaguardar o futuro das gerações vindouras.

Capítulo 2:

ENQUADRAMENTO E RELEVÂNCIA DO TEMA

2.1 Externalidades Ambientais

A economia afirma-se, na atualidade, como uma ciência transversal a todas as áreas de atuação. Seja na engenharia e na saúde, seja na administração pública e nas instituições públicas e privadas, a forma como se faz a gestão é assente, em grande medida, em teorias e princípios económicos.

Lidando, essencialmente, com os custos e os benefícios, a essência da gestão baseia-se na definição de relações entre a procura e a oferta de determinado bem ou serviço.

De facto, na grande maioria dos produtos, procura-se estimar, por um lado, a procura que determinado mercado pode apresentar em função do preço praticado e, por outro, a oferta que os produtores estão dispostos a realizar em função de aumentos ou decréscimos dos preços. Desta análise, resultam duas curvas, as chamadas curvas oferta-procura, que, quando combinadas, permitem obter o ponto de equilíbrio de mercado, mostrando, assim, o preço e a quantidade transacionada ideal para ambas as partes.

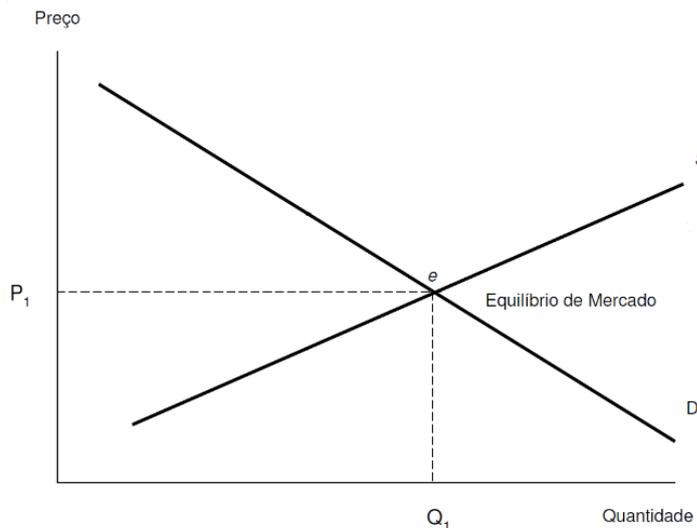


Figura 1: Exemplo da oferta e da procura de um mercado-tipo.

(Adaptado de Harris, 2014)

Este estudo apresenta uma grande importância, sendo, na maior parte das situações, fundamental para a análise da sustentabilidade e viabilidade económico-financeira do produto em causa.

No entanto, apesar de esta curva retratar a grande maioria dos custos de produção, a verdade é que existem impactos muito fortes decorrentes deste processo que não são considerados.

De facto, os efeitos ambientais muitas vezes provocados pela produção de bens e serviços são significativamente desprezados, acabando este custo por ser imputado, de uma forma indireta, à sociedade.

A estes impactos dá-se o nome de externalidades ambientais. Segundo Kolstad (2010), uma externalidade é “uma imposição de um efeito externo causado a terceiros, gerada em uma relação de produção, consumo ou troca”.

Sendo difíceis de estimar, as externalidades resultam, muitas vezes, em custos muito relevantes, que não aparecem na análise da oferta-procura, nem no equilíbrio de mercado, provocando, em consequência, um quadro distorcido da realidade, pelo que se torna urgente contabilizá-los na análise económica dos diferentes projetos (Harris, 2014). Daí que diversos estudos recentes tenham começado a tentar arranjar forma de internalizar as externalidades, trazendo todos estes custos ambientais para dentro da análise de mercado.

Trata-se, porém, de um problema complexo e de difícil resolução, mas a quantificação do valor monetário que os impactos ambientais apresentam no mercado é imprescindível. Estamos a falar de um universo

de situações muito vasto, desde questões de proteção de *habitats* e de ecossistemas, até problemas de saúde pública, pelo que a sua análise deve ser feita de uma forma rigorosa e eficaz.

Incorporando estes de impactos na análise da oferta-procura determinado mercado, o resultado será uma deslocação do equilíbrio de mercado para um ponto mais eficiente. A figura 2 retrata isso mesmo, estando os impactos ambientais englobados na componente *Custo Social*:

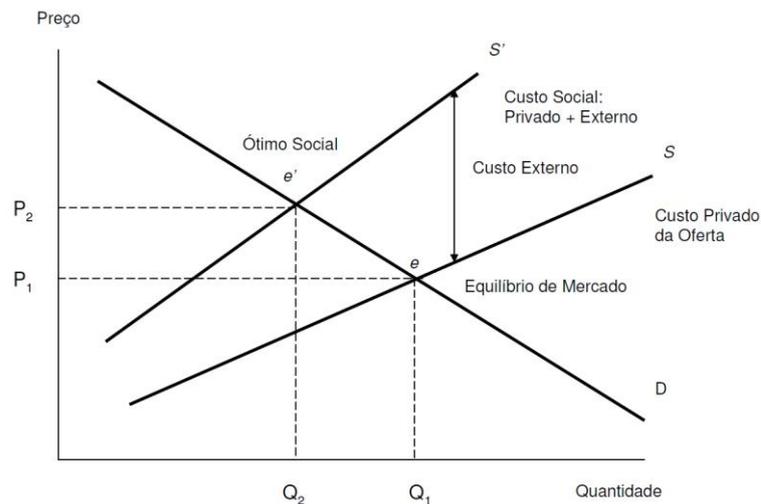


Figura 2: Exemplo da oferta e da procura de um mercado-tipo e respetivos custos externos.

(Adaptado de Harris, 2014)

Sendo que:

- S corresponde à oferta do produto ou custo privado de oferta;
- S' é a oferta do produto com a internalização das externalidades ambientais ou custo social;
- D diz respeito à procura do produto;
- e refere-se ao equilíbrio de mercado sem o custo social;
- e' diz respeito ao equilíbrio de mercado, tendo em consideração os custos sociais;
- *Custo Externo* corresponde ao custo social a acrescentar ao produto, podendo ser, em diversas situações, realizado pela incorporação de uma taxa.

A internalização dos custos ambientais pode ser feita, em termos práticos, de diversas formas. A mais utilizada é através da aplicação de taxas aos utilizadores, imputando os impactos diretos aos consumidores, em vez de à sociedade em geral. Esta taxa pode ser capitalizada pelos governos e aplicada em políticas que combatam estes efeitos ou, então, pelos próprios produtores na implementação de sistemas que minimizem os impactos negativos.

Convém, no entanto, referir que existem outras formas de imputar as externalidades aos mercados, variando em função do tipo de produto em causa e dos efeitos provocados – uma opção também

bastante utilizada passa pela regulação do número máximo de emissões, obrigando as empresas a reduzir a produção ou a tornarem-se mais eficientes.

Importa ainda sublinhar que, do mesmo modo que se devem internalizar as externalidades ambientais negativas, também devem ser tidas em consideração e devidamente valorizadas as positivas. O exemplo mais claro deste cenário tem a ver com o facto de, atualmente, muitas regiões adotarem programas de proteção e de preservação de terras devolutas, valorizando, assim, todo a área envolvente. Em grande parte das situações, este processo acaba também por ser imputado, corretamente, aos consumidores, na medida em que zonas habitacionais situadas perto de espaços verdes e afins apresentam um custo mais elevado, quando comparadas com as outras regiões.

A figura 3 demonstra o equilíbrio de mercado obtido quando se considera essas externalidades. Contrariamente às negativas, neste caso, a imputação dos efeitos positivos acaba por produzir uma deslocação do equilíbrio de mercado mais para a direita, aumentando o seu custo e a quantidade produzida.

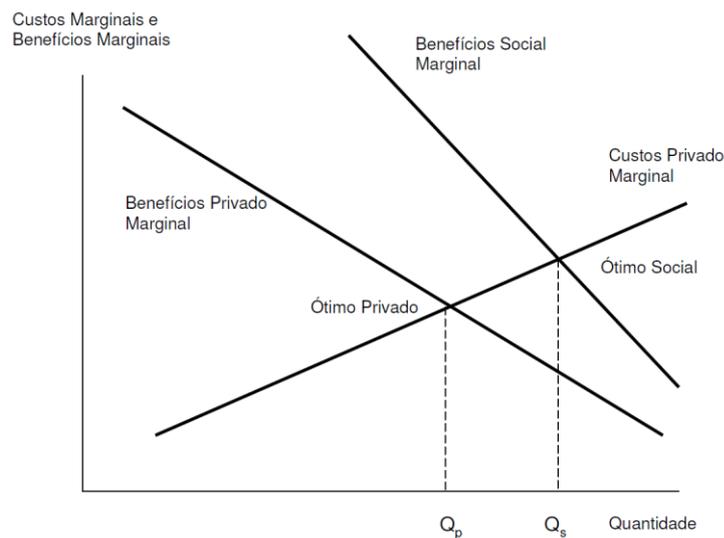


Figura 3: Exemplo da alteração da oferta e da procura de um mercado por via da incorporação de uma externalidade positiva.

(Adaptado de Harris, 2014)

Esta imputação de custos aos mercados resulta em vantagens para toda a sociedade. Analisando uma curva de oferta-procura como a da figura seguinte, é possível extrair um conjunto de conclusões. Sendo Q_0 a quantidade ideal de produção, a área B diz respeito ao custo total de produção e a área A refere-se ao benefício social líquido da produção e consumo de Q_0 unidades. Este cenário ilustra o equilíbrio de mercado eficiente, uma vez que maximiza o benefício líquido social. Todos os outros cenários serão menos eficientes: por exemplo, no caso de se produzir Q_1 unidades, a área A será menor e, como tal, o benefício social líquido também será mais reduzido; no cenário de se produzir Q_2 unidades, apesar de a

área A se manter igual à do equilíbrio de mercado, verifica-se uma perda líquida, representada pela área C .

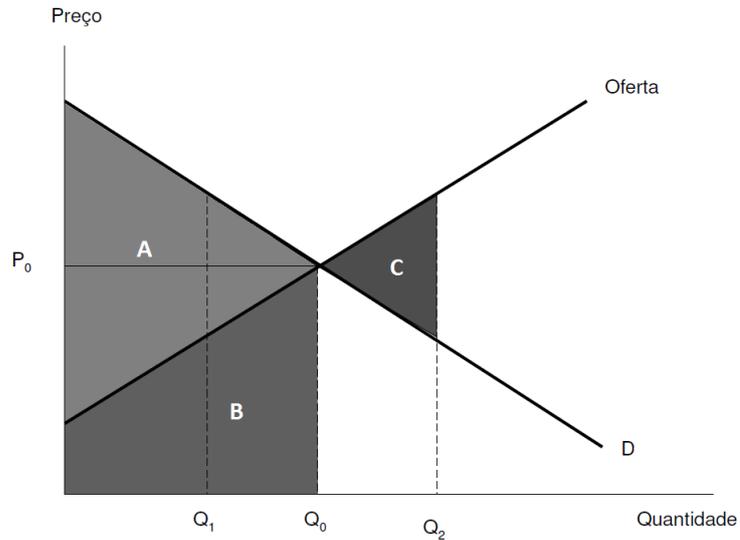


Figura 4: Análise de bem-estar de um mercado-tipo.
(Adaptado de Harris, 2014)

No caso de se considerar os custos externos, o resultado passa a ser uma curva de custo social acima da curva de oferta ordinária. Neste cenário, o equilíbrio de mercado do ponto Q_0 deixa de maximizar mais o benefício social líquido, uma vez que se verifica uma perda correspondente à área C' – as áreas $B' + C'$ dizem respeito ao custo total de poluição. Assim, o ideal passa por reduzir a produção para Q_1 , evitando esta perda, sendo que é exatamente isto que se pretende, através da imputação, por exemplo, de uma taxa de poluição.

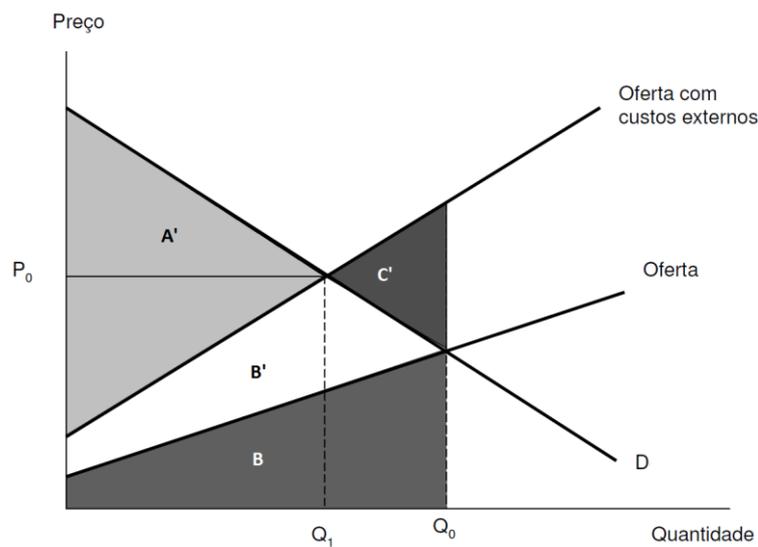


Figura 5: Análise de bem-estar de um mercado-tipo com incorporação das externalidades.
(Adaptado de Harris, 2014)

Torna-se claro que, estando a poluição inerentemente associada à produção de bens e de serviços, a sua eliminação total é uma impossibilidade – qualquer bem que se produza terá sempre um determinado nível de poluição associado. O que importa definir, através da imputação destas taxas e de custos acrescidos, é uma forma de proceder a um ajustamento das curvas de oferta-procura para um nível de poluição considerado ideal.

Convém, aliás, sublinhar que o nível ótimo de poluição não é um dado estático, variando, por um lado, em função do desenvolvimento de novas tecnologias mais eficientes e menos poluidoras e, por outro, em resultado do aumento da procura e/ou oferta de determinado mercado.

Diretamente relacionada com a análise das externalidades ambientais está a questão do direito de propriedade de cada indivíduo ou entidade, isto é, até que ponto alguém tem o direito ou não de poluir determinado meio ou ambiente. Trata-se de um tema que exige, inevitavelmente, a compreensão dos padrões de alocação dos recursos determinados pela atribuição dos direitos subjacentes.

Neste âmbito, Arthur Pigou publicou em 1920 uma obra intitulada *Economics of Welfare*, onde busca a apresentação de uma solução para estas situações, baseada no princípio poluidor / pagador, pelo que determinada externalidade poderia ser remediada pela imposição de uma taxa sobre a entidade poluidora, tendo como referência os valores e danos causados à população – taxa pigouviana (Pigou, 1920).

Pigou argumentou que as indústrias procuram sempre o seu interesse privado marginal próprio. Ora, quando o interesse social marginal diverge do interesse marginal privado, as indústrias não apresentam o incentivo necessário para internalizar o custo marginal social. Por outro lado, se uma indústria produz um benefício marginal social, os indivíduos que o recebem não apresentam um incentivo para pagar por este serviço.

Para lidar com esta problemática, o economista recomendou a aplicação de uma taxa à entidade responsável pela externalidade negativa. Se o governo conseguir medir com precisão o custo social, a taxa pode equilibrar o custo privado marginal e o custo social marginal. Desta forma, o produtor terá de pagar pela externalidade não-pecuniária que seja criada, reduzindo, efetivamente, a quantidade do produto produzido e, em consequência, restabelecendo um ponto de equilíbrio no mercado (Pigou, 1920).

Esta abordagem, porém, nem sempre é possível de aplicar, dado que as externalidades apresentam, com frequência, dois sentidos, não sendo perceptível quem deve compensar a quem. Ao mesmo tempo,

a definição do valor a taxar nem sempre é fácil, tanto mais que, por vezes, as entidades reguladoras não apresentam informações suficientes para estimar um valor correto.

Ronald Coase, economista britânico premiado com o Nobel da economia em 1991, desenvolveu, então, um teorema que procura apresentar uma nova forma de resolver este tipo de problemas – Teorema de Coase.

A nova abordagem defende que, quando os custos de transação ou negociação forem nulos, os direitos de propriedade sejam transferidos para os agentes que lhes atribuam maior valor. Deste modo, quando as partes negociarem sem custos e com possibilidade de obter benefícios mútuos, o resultado das transações será eficiente, independentemente de como estejam especificados os direitos de propriedade (Coase, 1960).

No seu artigo publicado em 1960 no *Journal of Law and Economics*, intitulado “The Problem of Social Cost”, Coase considera que o verdadeiro problema económico a ser enfrentado consiste em decidir, à luz dos objetivos de maximização da eficiência, qual o prejuízo mais grave a ser evitado pela sociedade (Coase, 1960).

Este princípio assenta, por isso, fundamentalmente, na visão de que as externalidades não podem ser vistas como um impacto unidirecional, mas, sim, recíproco entre as partes, já que, para além do dano causado na *vítima*, deve ser considerado também o eventual prejuízo que possa vir a ser sofrido pelo infrator, por via da eliminação dessa externalidade (Soares, 2016).

O teorema assume, deste modo, uma importância crucial no estudo e análise das externalidades, uma vez que se baseia no princípio de que, quando as partes podem negociar sem custo e em vantagem mútua, o resultado final é eficiente, independentemente de como os seus direitos de propriedade possam ser especificados (Soares, 1999).

Esta nova abordagem, conhecida como ambientalismo de livre mercado, pretende trazer o ambiente para dentro da esfera dos mercados, estabelecendo um sistema de direitos de propriedade no ambiente e permitindo ao mercado resolver, livremente, as questões de uso do recurso e regulação da poluição.

No entanto, apesar de ser muito útil em diversas situações, o teorema apresenta também algumas limitações que devem ser devidamente ponderadas. A principal deriva do facto de em múltiplos casos os intervenientes não serem apenas duas partes. É comum, em situações ambientais, existir uma multiplicidade de entidades e de pessoas envolvidas, pelo que se torna muito mais complicado chegar a um entendimento.

Por exemplo, numa situação em que uma fábrica esteja a poluir um curso de água que afeta um conjunto de localidades, é sempre complicado chegar a um entendimento sobre quem tem direito a ser indemnizado, assim como acerca da respetiva percentagem no valor final. Neste caso, será muito difícil chegar a uma solução de consenso, verificando-se na maioria das vezes que a grande parte dos intervenientes fica à espera que uma comunidade avance com o processo, acabando por beneficiar do mesmo – *free rider effect* (Harris, 2014).

Outro problema similar surge quando as comunidades, por exemplo, reivindicarem o direito de ficar livres de poluição e a fábrica precise de compensar as populações pela poluição emitida. Neste cenário, surge muitas vezes um problema conhecido por *holdout effect*, que consiste no facto de cada comunidade ter o poder de veto, tornando o entendimento muito mais difícil (Harris, 2014).

É por isso que, em situações onde estão múltiplas partes envolvidas, a criação de consensos baseados no Teorema de Coase se torna muito complexa e difícil.

Nestes casos, a regulamentação será realizada com base numa taxa pigouviana ou por via de uma intervenção por parte das entidades políticas ou reguladoras.

Em conclusão, a necessidade de avaliar cada caso individualmente é premissa decisiva para se conseguir atingir consensos e entendimentos. Só assim será possível definir uma correta imputação das externalidades ambientais às partes envolvidas e, em consequência, contribuir para um correto ajustamento do mercado e, em última instância, para um desenvolvimento sustentável das regiões afetadas.

2.2 Modelos de Desenvolvimento e Rede Rodoviária

Em 1950, a população mundial era de 2,5 mil milhões de pessoas. Em pouco mais de meio século, este número desenvolveu-se exponencialmente, sendo que, nos nossos dias, já foi ultrapassada a barreira dos 7 mil milhões (UNDESA, 2014).

Não se prevendo um abrandamento – as mais recentes projeções apontam para que, em 2050, sejamos perto de 10 mil milhões –, este crescimento populacional traz consigo um conjunto significativo de vantagens, mas também acarreta um vasto leque de problemas sobre os quais a sociedade se deve debruçar, tendo em vista a procura de soluções viáveis e duradouras.

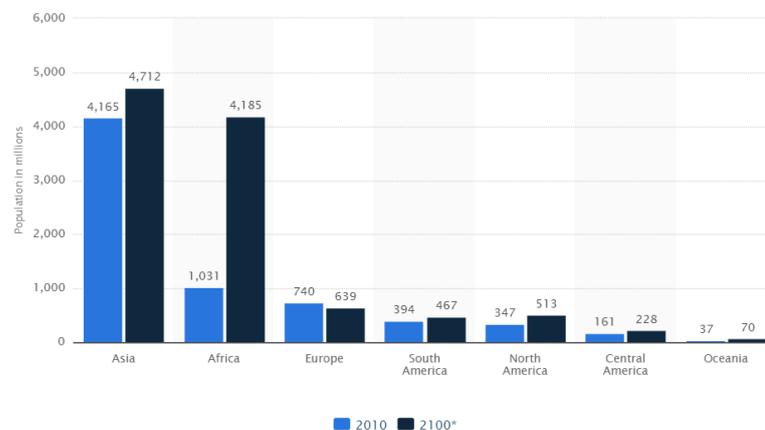


Figura 6: População de cada continente em 2010 e projeção para o ano 2100.

(Adaptado de Statista – The Statistics Portal)

Hoje, a maior parte destas pessoas habita em grandes cidades e aglomerados urbanos de média dimensão, verificando-se, neste domínio, uma tendência de crescimento.

O consumo de recursos e a produção de bens necessários associados têm desencadeado um conjunto de reações em cadeia, de grande alcance e com impactos sobre todo o planeta.

A procura desenfreada de todo o tipo de recursos é uma constante, pelo que as indústrias produzem 24 horas sobre 24 horas, tendo como consequência, muitas das vezes, a destruição de *habitats* naturais e a exaustão de uma grande parte dos recursos existentes.

Apesar de se começar a ver sinais de mudança no que diz respeito ao paradigma socioeconómico atual, a verdade é que a grande prioridade, nos dias que correm, continua a ser a maximização do lucro por parte das empresas, não dando a devida importância às questões sociais e ambientais.

A indústria automóvel não é exceção, apresentando, ano após ano, níveis de produção extremamente elevados e consumindo uma grande quantidade de recursos naturais.

Considerada, cada vez mais, uma *ferramenta* de trabalho indispensável, a frota rodoviária europeia e mundial cresce a um ritmo constante, ano após ano, trazendo consigo inúmeras vantagens, nomeadamente ao nível da mobilidade terrestre. De resto, hoje em dia, ninguém duvida que as pessoas e os produtos se deslocam de uma forma muito mais rápida e eficiente, permitindo às empresas ter níveis de produtividade significativamente superiores.

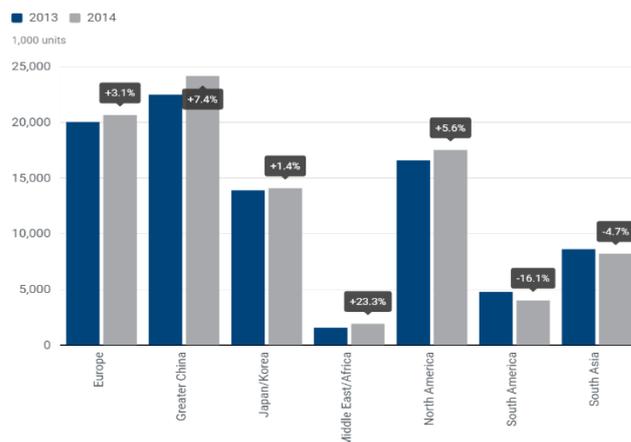


Figura 7: Produção de veículos nas principais regiões do globo, nos anos de 2013 e 2014.

(Adaptado de ACEA – European Automobile Manufacturers Association)

Os últimos dados referentes ao nível médio de veículos motorizados por habitante nos diversos países da União Europeia vêm comprovar que os carros são, cada vez mais, parte integrante e indispensável do nosso dia a dia. Atualmente, o número médio de veículos por cada 1000 habitantes na UE é de 494 e, no caso concreto de Portugal, o valor é um pouco mais baixo, situando-se nos 427 carros por cada 1000 habitantes. São números extremamente significativos, que merecem uma forte atenção.

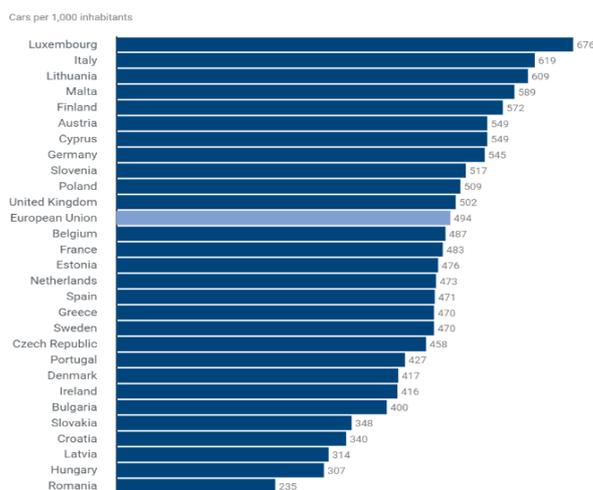


Figura 8: Número médio de carros por cada mil habitantes nos países da União Europeia.

(Adaptado de ACEA – European Automobile Manufacturers Association)

Dados recolhidos pelo IMT – Instituto da Mobilidade e dos Transportes, IP –, mostram que o parque de veículos rodoviários motorizados em circulação, apesar de ter sofrido um decréscimo entre 2010 e 2012, retomou o ciclo de crescimento, situando-se, em 2013, nas 5 615 079 unidades.

A figura 9 apresenta as variações sofridas entre 2010 e 2013, em função do tipo de veículo:

Tipo de veículo	Data	Total	Ligeiros				Pesados				
			Total	Passageiros	Mercadorias	Outros	Total	Passageiros	Mercadorias		Outros
									Camiónes	Tratores	
	31.12.2013	5 615 079	5 512 864	4 327 478	1 164 962	20 424	102 215	12 111	50 111	31 374	8 619
	31.12.2012	5 556 041	5 450 699	4 258 746	1 172 906	19 047	105 342	12 358	50 971	34 009	8 004
	31.12.2011	6 181 188	6 054 508	4 712 354	1 321 711	20 443	126 680	15 181	61 482	40 358	9 659
	31.12.2010	6 182 106	6 049 889	4 692 000	1 337 373	20 516	132 217	15 425	65 236	41 657	9 899

Figura 9: Parque de veículos rodoviários motorizados presumivelmente em circulação, segundo o tipo de veículo.

(Adaptado de INE, IP, 2014)

A nível nacional, verifica-se também que a rede de estradas apresenta uma extensão bastante assinalável, tendo em conta a dimensão do país.

Segundo os dados do IMT, a rede rodoviária nacional, no final do ano de 2013, apresentava uma extensão total construída de cerca de 14 322 km, cobrindo praticamente todo o Continente (IMT, IP, 2014).

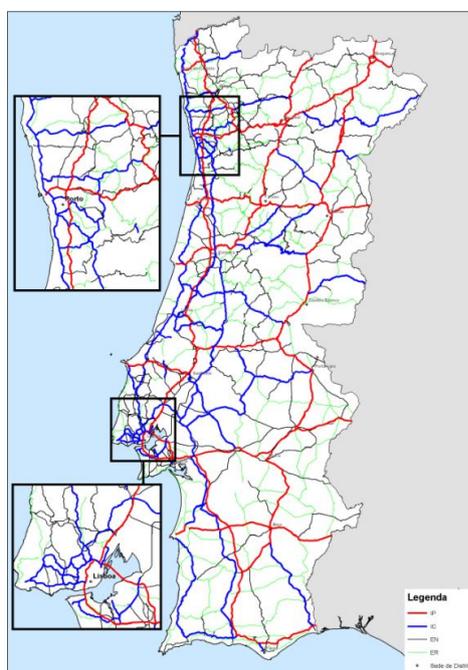


Figura 10: Rede Rodoviária Nacional em 2013.

(Adaptado de IMT, IP, 2014)

Por sua vez, a rede nacional de autoestradas totalizava, também no final do ano de 2013, uma extensão de 3 065 km, ligando as principais regiões do país.

Este valor corresponde a perto de 20% da rede rodoviária nacional, o que representa 305 km de autoestradas por milhão de habitantes e 34 km por 1 000 km², considerando a área e a população de Portugal Continental (IMT, IP, 2014).

Comparando estes valores com as densidades médias dos restantes países da União Europeia, verifica-se que a nossa rede nacional se posiciona bastante acima da média europeia, tendo em conta os dados estatísticos do Gabinete de Estatísticas da UE – Eurostat (IMT, IP, 2014).

A figura 11 apresenta a evolução, em Portugal, da Rede Nacional de Autoestradas ao longo dos últimos anos:

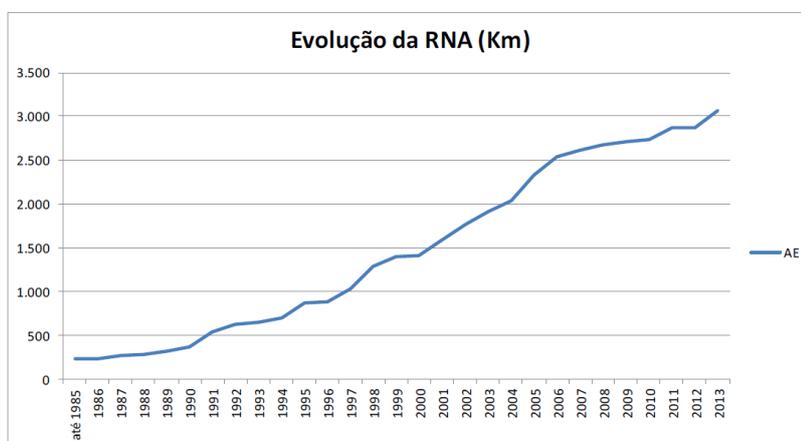


Figura 11: Evolução da extensão da Rede Nacional de Autoestradas ao longo dos anos.

(Adaptado de IMT, IP, 2014)

Estas infraestruturas permitem dotar o país de excelentes vias de comunicação, favorecendo e promovendo a mobilidade de pessoas, de bens e de serviços.

No entanto, nem tudo são vantagens.

A definição destas opções políticas acaba, invariavelmente, por fomentar o uso de carro próprio em detrimento de transportes coletivos, aumentando, desta forma, ainda mais, o nível de tráfego rodoviário.

Ora, esta tendência de crescimento acarreta consigo sérios problemas, nomeadamente ao nível da poluição emitida pelos veículos, afetando, direta e indiretamente, a qualidade de vida e o bem-estar de toda a população e colocando em causa, muitas das vezes, a sustentabilidade dos ecossistemas envolventes.

Os poluentes emitidos pelos veículos acabam por causar impactos muito significativos, quer a nível económico, quer a nível financeiro. Poluição sonora e atmosférica e contaminação dos solos e de cursos de água são apenas alguns dos exemplos mais diretos. Torna-se, por isso, evidente a necessidade de

um estudo e de uma análise contínua e criteriosa destas questões, pois diferentes tipos de agentes envolvem formas distintas de atuação, de maneira a minimizar os seus impactos.

Neste contexto, a contaminação das águas que precipitam sobre as vias de comunicação assume um papel de relevo, tendo em conta a enorme carga poluente que estas superfícies apresentam, bem como a sua dimensão e dispersão geográfica.

É por isso imperiosa e urgente a realização de estudos, de modo a definir formas de atuação eficientes e concretas que visem o tratamento ou a retenção dos poluentes presentes nestas águas, evitando a poluição do meio recetor.

Atualmente, já estão desenvolvidos sistemas capazes de fazer face a esta problemática. No entanto, a sua aplicação em contexto real é ainda muito reduzida, pelo que urge a criação de legislação e de regulamentação que incentivem os concessionários das vias de comunicação a implementar estes processos e mecanismos, salvaguardando-se as condições ambientais das regiões envolventes.

É vital que as empresas e instituições passem a adotar uma abordagem holística de todo o ambiente em que se inserem. Mesmo continuando a atender à componente económico-financeira do negócio, tentando, sempre, aumentar os seus lucros, é fundamental que passem a ter consciência de que uma estratégia de desenvolvimento sustentável a médio e longo prazos deve ter sempre em consideração a componente ambiental e social. Porque só afirmando-se como parte ativa na sociedade em que se inserem, contribuindo fortemente para a melhoria das condições sociais, ambientais e de bem-estar das populações, é que poderão prosperar num ambiente cada vez mais competitivo e global.

2.3 A Necessidade de um Desenvolvimento Sustentável

O crescimento populacional, associado a uma cada vez maior globalização, leva a que, hoje em dia, os problemas a enfrentar pela sociedade sejam de uma complexidade crescente, exigindo, por isso, respostas holísticas e que integrem as mais diversas áreas.

Os novos paradigmas económicos, a grande volatilidade dos mercados financeiros, as profundas alterações sociais verificadas um pouco por todo o mundo e ainda a progressiva consciencialização da importância que o ambiente apresenta nas condições de saúde e de bem-estar das populações têm levado, nos últimos anos, a uma mudança gradual dos comportamentos e da forma como as pessoas encaram o futuro (Ramísio *et al.*, 2016).

Entre estes múltiplos desafios, a degradação das características do meio ambiente destaca-se como um dos maiores problemas que a comunidade internacional enfrenta nos dias de hoje (Botelho *et al.*, 2005).

É neste contexto que surge um novo conceito que está na base de um novo paradigma de abordagem do presente e do futuro. “O final do século XX presenciou o crescimento da consciência da sociedade em relação à degradação do meio ambiente decorrente do processo de desenvolvimento. O aprofundamento da crise ambiental, juntamente com a reflexão sistemática sobre a influência da sociedade neste processo, conduziu a um novo conceito – o de desenvolvimento sustentável” (Bellen, 2004).

Presidida pela primeira-ministra norueguesa, Go Harlem Brundtland, a Comissão de Brundtland definiu-o, na década de 1980, como “a forma como as atuais gerações satisfazem as suas necessidades sem, no entanto, comprometer a capacidade de gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades” (Estender *et al.*, 2008).

Este conceito foi ganhando cada vez mais relevo e importância nas agendas traçadas pelos países, de tal modo que, atualmente, constitui um dos maiores desafios a enfrentar.

A grande maioria das decisões e medidas tomadas agora pelos mais diversos líderes e agentes políticos apresenta um impacto e um alcance que vai muito para além do imediato, sendo que as suas consequências podem perdurar por largos anos.

Daí que seja necessário analisar e estudar aprofundadamente todos os setores de atividade, de forma a dar as respostas mais corretas e que proporcionem os melhores resultados possíveis, tanto a nível económico, financeiro e energético, como no âmbito social ou ambiental.

Paralelamente a todos estes caminhos e orientações traçados pelos governos, o futuro está também na mão dos cidadãos e na forma como estes se comportam no seu dia a dia, uma vez que cada ser humano toma um vasto leque de decisões que influencia as condições de vida nos anos subsequentes.



Figura 12: Amesterdão é um exemplo no que ao desenvolvimento sustentável diz respeito.

(Adaptado de AirPano)

O conceito de desenvolvimento sustentável encontra-se, por isso, alicerçado em três grandes pilares – económico, social e ambiental – e só conjugando estas três áreas é que se poderá chegar a conclusões e a medidas verdadeiramente plausíveis de serem implementadas.

Pilar Económico

Em termos económicos, a ideia clássica de desenvolvimento económico resume-se ao lucro da empresa, cidade, região, etc., pelo que a forma de o quantificar seria apenas com base em dados numéricos. Contudo, quando se tem em consideração a noção de desenvolvimento sustentável, o enquadramento geral desta temática muda substancialmente.

Para além dos resultados financeiros, a abordagem a seguir deve ser feita tendo em conta efeitos a longo prazo. Deste modo, passa-se a considerar a ideia de capital económico, capital humano e intelectual, capital social e natural, entre um vasto conjunto de outras conceções (Estender *et al.*, 2008).

Hoje em dia, já é comum encontrarmos nas mais diversas empresas uma área referente à sua “missão”, onde são expressas todas as suas preocupações e responsabilidades assumidas para com a sociedade, bem como um conjunto de atividades que desenvolvem ou pretendem desenvolver ao longo do tempo e

que têm como principal função contribuir para a melhoria da qualidade de vida da região e da comunidade em que se inserem.

Pilar Sociocultural

Quanto ao pilar sociocultural, é tido como vital para que se processe um desenvolvimento equilibrado, profícuo e duradouro para as áreas geográficas onde estão inseridas as organizações.

No documento final “Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável – Plano Internacional de Implementação”, apresentado em 2005 com o objetivo de promover um desenvolvimento sustentável a nível planetário, a ênfase dada à parte sociocultural é mais do que evidente. O texto enumera um conjunto de perspectivas sobre as quais este pilar se deve alicerçar, de forma a garantir o benefício mútuo de todos os envolvidos (UNESCO, 2005).

Em primeiro lugar, refere-se a necessidade de uma salvaguarda de todos os direitos humanos. Só assim é que se pode garantir a proteção de todos as pessoas.

Continuando nesta linha de pensamento, surge um outro ponto também vital para o sucesso de todo este processo, que é a paz e a segurança. Por outras palavras, é necessário dar condições às pessoas para viverem num ambiente protegido e tranquilo, que permita o desenvolvimento humano de todos.

Surge ainda a busca da igualdade de género. Para isso, é necessário que cada membro da sociedade respeite o outro e valorize o papel no qual ele possa realizar-se em plenitude.

Este ponto leva, invariavelmente, a um outro também essencial: a diversidade cultural e a compreensão intercultural. Neste caso, a aposta em boas condições de educação e numa oferta cultural rica e diversificada é primordial. Só investindo nestes vetores se pode garantir uma população mais instruída, respeitadora, criativa e com capacidade de se desenvolver, ao longo dos anos.

Com idêntica importância, surge também a saúde. Profundamente ligada ao pilar ambiental, a verdade é que só com boas condições de saúde é que uma sociedade pode apresentar um desenvolvimento sustentável. Baixos níveis de higiene e de cuidados sanitários originam doenças que impedem o desenvolvimento, não só social, mas também económico-financeiro, pelo que este ponto assume um papel preponderante no crescimento de todas as sociedades.

Por último, é ainda necessária a existência de atos governamentais transparentes e sérios. É preciso que os governos promovam a liberdade de expressão, o debate livre e plural e uma ampla formulação de políticas construídas com a participação ativa dos cidadãos (UNESCO, 2005).

Pilar Ambiental

Este pilar está intrinsecamente ligado aos dois anteriores. Se as pessoas e as instituições não apresentarem comportamentos ambientais sustentáveis, irão, de um modo irremediável, prejudicar e comprometer os pilares económico e sociocultural.

É, por isso, muito importante que seja reconhecida a existência de duas formas principais de capital natural: “O ‘capital natural crítico’, que seria aquele fundamental para a perpetuidade do ecossistema, e o capital natural renovável ou substituível, sendo este os recursos naturais renováveis, recuperáveis ou substituíveis” (Estender *et al.*, 2008).

Com base nestas premissas, no documento final “Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável – Plano Internacional de Implementação”, as Nações Unidas, assessoradas pela UNESCO e em parceria com um conjunto vastíssimo de governos nacionais, organizações da sociedade civil, ONG e especialistas, identificaram os seguintes pontos considerados cruciais:

- Preservação e proteção dos recursos naturais, nomeadamente, água, energia, agricultura e biodiversidade. A humanidade depende dos produtos e serviços fornecidos pelos ecossistemas. Por isso, a proteção e restauração destes sistemas vivos tornam-se um desafio importante, tanto em termos ambientais, como em termos económicos e sociais. De facto, se não for implementado um conjunto de medidas que vise a fiscalização da forma como estes recursos são explorados, as implicações negativas serão por demais evidentes, afetando as empresas, com as inevitáveis consequências ao nível do aumento dos preços, e provocando conflitos sociais de difícil resolução.
- Mudanças climáticas. O aquecimento do planeta é um problema complexo que envolve todo o mundo e que pode ter efeitos em questões sensíveis, como a pobreza, o desenvolvimento económico e o crescimento demográfico. Neste âmbito, é urgente a assinatura e o aprofundamento de acordos internacionais orientados para a redução da emissão de

poluentes, nas diferentes regiões do globo. A Cimeira do Clima¹ de 2015, realizada em Paris, constitui um marco histórico, na medida em que culminou num acordo assinado por 195 países, com o objetivo de diminuir a emissão global de gases com efeito de estufa e, assim, contribuir para a mitigação dos impactos do aquecimento global. Apesar das ameaças, entretanto, surgidas no quadro da política internacional, é este o caminho para se garantir que as gerações futuras se desenvolvam em condições saudáveis, livres de poluentes e de agentes infecciosos que possam pôr em causa a saúde pública.

- Aumento da temperatura média. As mudanças climáticas verificadas estão já intimamente associadas a um aumento da temperatura média, que está a provocar uma subida do nível médio das águas do mar, pondo em causa as regiões costeiras.
- Desenvolvimento rural e urbanização sustentável. Assistindo-se a uma crescente migração das populações das zonas rurais para as zonas urbanas, é necessário repensar as políticas de planeamento, de forma a adaptá-las às novas exigências, analisando sempre ambos os lados.
- Em termo rurais, é imperioso combater as disparidades verificadas em relação ao investimento educacional e à qualidade do ensino, bem como melhorar os cuidados de saúde prestados, de modo a proporcionar melhorias na qualidade de vida das populações que residem neste contexto.
- Em termos urbanos, é necessário dar especial realce a aspetos como a globalização e a democratização, uma vez que constituem fatores-chave para o desenvolvimento sustentável das cidades.
- Prevenção e diminuição de desastres. Eventos deste género afetam seriamente a capacidade das regiões em causa de apresentarem desenvolvimentos sustentáveis. Para além de um sistema de ensino que prepare as pessoas e as ensine como reagir em situações desta natureza, deve também ser implementado um conjunto de medidas nas zonas mais sensíveis, de forma a prevenir a ocorrência de catástrofes ou, no caso de ser impossível evitá-las, lançar alertas que minimizem ao máximo os seus impactos (UNESCO, 2005).

Como se pode ver, a conjugação de medidas referentes aos três grandes pilares enunciados constitui um campo de ação extremamente amplo e diversificado.

¹ Cimeira do Clima: conferência organizada pelas Nações Unidas em que se discutem os efeitos das alterações climáticas e medidas para as combater. Reúne, todos os anos, os 195 países que, em 1992, assinaram e ratificaram a *Convenção Quadro* das Nações Unidas sobre as alterações climáticas.

“Estes três elementos supõem um processo de mudança permanente a longo prazo – desenvolvimento sustentável é um conceito dinâmico que reconhece que a sociedade humana está em constante transformação. Desenvolvimento sustentável não busca preservar o *status quo*, ao contrário, busca conhecer as tendências e as implicações da mudança. A ênfase dada ao vínculo pobreza com as questões relativas ao desenvolvimento sustentável mostra que para a comunidade internacional acabar com as privações e a impotência está no centro de nossas preocupações pelo futuro do mundo e proteção do meio ambiente. O equilíbrio desta equação é o principal desafio do desenvolvimento sustentável” (UNESCO, 2005).

Trata-se, de facto, de uma tarefa complexa, que exige um esforço suplementar por parte de todos os povos. Além disso, é tão difícil tomar medidas que tentem promover a melhoria da qualidade de vida das gerações presentes e futuras como encontrar formas de analisar o seu verdadeiro impacto.



Figura 13: 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU para 2030.

(Adaptado de United Nations)

Para avaliar o alcance das medidas, os decisores políticos e as entidades governamentais recorrem a um vasto conjunto de indicadores que lhes fornece informações variadas e de elevada importância sobre como as suas ações influenciam a sociedade. Apesar de não existir ainda uma uniformização global quanto aos indicadores corretos a considerar na análise do desenvolvimento sustentável dos mais diversos casos, a verdade é que eles são indispensáveis, no momento da tomada de decisão. Só assim é possível analisar de maneira correta o verdadeiro impacto das medidas implementadas. Aliás, torna-se evidente que quanto maior for o número de indicadores e quanto maior for, também, o cruzamento de dados, mais fiável e realista será a análise feita e, conseqüentemente, melhores serão as opções a tomar. A exploração desenfreada de recursos que a maior parte das sociedades está a levar a cabo, com conseqüências catastróficas no ambiente, as desigualdades e conflitos sociais existentes e a instável

economia mundial dos dias de hoje são um sinal de alerta para a necessidade urgente de se implementar medidas que atenuem estes problemas.

A procura de soluções tem, por isso, de ser constante e inovadora. E todas as políticas e medidas já tomadas, com o objetivo de reformular o sistema socioeconómico e ambiental, devem continuar a ser trabalhadas, de forma a atingir-se cada vez melhores resultados.

Achim Steiner, antigo diretor executivo do PNUMA e ex-subsecretário-geral da ONU, escreveu que as “novas ideias são, por sua própria natureza, desestabilizadoras. No entanto, são muito menos desestabilizadoras do que um mundo com escassez de água potável e terras produtivas, isso num contexto de mudanças climáticas, eventos meteorológicos extremos e uma crescente escassez dos recursos naturais” (PNUMA, 2011).

Em pouco mais de três linhas, fez um retrato perfeito sobre aquilo que a todos – líderes, agentes governamentais e cidadãos em geral – deve inquietar, diariamente.

Porque, no final de contas, uma economia e uma sociedade verde e saudável não são apenas vantajosas para uma ou outra perspetiva política. Elas são relevantes para todas as economias, sejam elas controladas pelo mercado ou pelo Estado, e para todas as pessoas (PNUMA, 2011).

Só desta forma, tomando medidas integradoras, que conjuguem as preocupações económicas com as sociais e as ambientais, as regiões se poderão desenvolver e prosperar de maneira verdadeiramente sustentável, isto é, satisfazendo as gerações atuais, sem nunca comprometer as legítimas aspirações das gerações vindouras, alicerçando, sempre, a sua linha de ação na luta pela preservação de todas as espécies e respetivos *habitats*.

2.4 Importância das Águas Pluviais na Sustentabilidade

Num mundo cada vez mais interligado e global, a gestão sustentável de todos os cursos de água é uma tarefa fundamental, tendo em vista a preservação de todas as espécies e *habitats*, bem como a salvaguarda do desenvolvimento sustentável das sociedades.

A forma como se encara as escorrências – isto é, as águas resultantes de eventos de precipitação – tem mudado ao longo dos últimos anos. Se, há algum tempo, quase não se lhes atribuía importância e a atenção que se lhes dedicava era praticamente nula, hoje em dia já se olha para elas de um modo mais cuidado, até porque já ninguém pode ignorar os efeitos visíveis no imediato e cada vez mais devastadores da sua passagem.

Olhando apenas para o território nacional, basta pensar nas dificuldades de escoamento ou mesmo inundações que, com uma regularidade crescente, estão a atingir determinadas zonas urbanas, sempre que precipita com mais intensidade – as cidades de Lisboa e de Albufeira constituem exemplos muito expressivos –, em consequência sobretudo do aumento da área de impermeabilização dos solos e também de intervenções desajustadas, que interferem negativamente nos cursos de água (Arezes, 2015).



Figura 14: Inundações registadas em outubro de 2014 no Rossio, Lisboa.

(Adaptado do semanário *So*)

Mas o impacto das águas pluviais faz-se sentir ainda a outro nível, porventura menos perceptível para o cidadão comum, mas nem por isso menos nefasto para todos. De facto, a forte concentração humana em determinados espaços é responsável pela produção de elevadas quantidades de matéria poluente

que acabam por ser arrastadas pelas águas pluviais, contaminando as áreas envolventes, os cursos de água a adjacentes e até as áreas de captação para tratamento e abastecimento público.



Figura 15: A circulação automóvel é uma das principais causas de poluição das águas pluviais.

(Adaptado de iG)

Neste contexto, começa-se a assistir a uma forte aposta no estudo, desenvolvimento e implementação de sistemas, capazes de fazer uma gestão e um tratamento sustentáveis das águas pluviais.

Os conceitos de *Low Impact Development – LID*, *Sustainable Urban Drainage Systems – SUDS* e *Water Sensitive Urban Design – WSUD* surgiram, precisamente, neste âmbito, apresentando-se, numa perspetiva da sustentabilidade, como um novo paradigma para os ciclos urbanos das águas.

Quanto ao primeiro, trata-se de uma abordagem que tem como premissa principal a relação entre o desenvolvimento do território que está em contacto com a natureza e a gestão das águas pluviais, tão próxima quanto possível da origem. Baseia-se na preservação das características das paisagens, bem como na minimização da impermeabilização dos solos, promovendo a infiltração local e uma drenagem funcional das águas pluviais (Cahill, 2012).

No que se refere ao segundo conceito, foi desenvolvido no Reino Unido e tem como base a implementação de boas práticas na gestão de águas superficiais e a instalação de sistemas de tratamento das águas, proporcionando, desta forma, uma abordagem mais sustentável quando comparada com abordagens mais clássicas e tradicionais de escoamento unicamente através de condutos para os cursos de água mais próximos (Stewart *et al.*, 2008).

Por último, o *Water Sensitive Urban Design*, desenvolvido na Austrália, assenta essencialmente numa abordagem integrada entre o desenho e planeamento dos ambientes urbanos e a gestão do ciclo da

água, promovendo a sustentabilidade dos ecossistemas e estilos e modos de vida saudáveis (Hoyer *et al.*, 2011).

Paralelamente a estes conceitos de gestão das águas pluviais, surgiu também, nos últimos anos, um conjunto de boas práticas, que tem como objetivo primordial melhorar as condições destes meios.

A *Best Management Practice – BMP* é uma expressão com origem nos Estados Unidos da América usada para descrever um leque alargado de medidas de controlo e de melhoramento das águas pluviais. Assente na combinação de diferentes práticas a aplicar nos meios, pretende prevenir e reduzir a quantidade de poluição gerada por fontes difusas e apresenta impactos significativos, não só ao nível ambiental, mas também ao nível tecnológico, económico, financeiro e social (Geosyntec Consultants, 2013).

Conjuntamente com estas quatro formas de abordar a problemática da poluição e da gestão das águas pluviais, assiste-se a um aumento constante de medidas e de políticas que visam a sensibilização das populações para a adoção de práticas locais favoráveis à melhoria das águas e ao desenvolvimento sustentável das regiões em que se inserem.

Acontece que, em resultado da crescente circulação de indivíduos e de mercadorias, bem como do constante aumento da extensão das vias de comunicação rodoviárias, a qualidade das águas que precipitam sobre os pavimentos e que originam as escorrências rodoviárias constitui, cada vez mais, um fator condicionante do desenvolvimento sustentável que todos ambicionam.

Designando, sob o ponto de vista técnico, o transporte, por via hídrica, dos poluentes acumulados nos pavimentos de vias de comunicação, as escorrências rodoviárias são muitas vezes “consideradas como um efluente de características bem definidas e constantes”, mas, na realidade, “constituem uma matriz complexa de substâncias poluentes interligadas e dependentes das características do local onde são geradas” (Ramísio, 2011).



Figura 16: Retrato típico de uma escorrência rodoviária.

(Adaptado de Water Technology)

A acumulação destes poluentes é provocada pelo tráfego rodoviário, que produz quantidades consideráveis de substâncias nocivas ao ambiente, resultantes da utilização de combustíveis, do desgaste dos componentes dos veículos e dos acessórios das estradas, pela degradação da superfície das estradas, pela aplicação de químicos em operações de manutenção das vias e ainda por fugas e derrames (Diamantino, 2004).

Encaminhados, quase sempre, para os rios e efluentes mais próximos, a inexistência de um tratamento adequado destes fluxos pode provocar efeitos agudos ou crónicos, quer no meio natural que os recebe e nos diversos ecossistemas, quer, indiretamente, na saúde pública das populações. Seja como for, o custo e as consequências que advêm desta situação acabam por ser imputados a toda a sociedade, traduzindo-se, por isso, numa externalidade negativa para as regiões onde se inserem (Leitão, 2004).

Ao mesmo tempo, setores como o turismo e recreação, a atividade piscatória ou mesmo o valor das propriedades imobiliárias são fortemente afetados por via da degradação dos cursos de água pelos agentes poluentes transportados pelas escorrências (EPA, 2015).

Em termos indiretos, os impactos também se fazem sentir na população por via do aumento do custo de tratamento da água, quer no que às águas de abastecimento diz respeito, quer no que se refere às águas residuais, custos estes que são suportados, na grande maioria das vezes, pelas populações (EPA, 2015).

Torna-se, por isso, inequívoco que, tendo em conta as elevadas concentrações de poluentes, é imperioso o seu estudo, bem como a caracterização destas águas, com vista à tomada de medidas eficazes e específicas que contribuam para a restituição das suas condições iniciais.

Tipo de poluentes	Principais origens							
	Pneus	Travões	Combustível e/ou óleo do motor	Óleos de lubrificação	Materiais da viatura	Pavimento	Lixos	Guardas de segurança
Metais pesados								
Cádmio								
Chumbo								
Cobre								
Crómio								
Ferro								
Níquel								
Vanádio								
Zinco								
Hidrocarbonetos								
HAP								
Nutrientes								
Materia orgânica								
Partículas								
Microrganismos								
Sais								

Figura 17: Principais origens e tipos de poluentes, tipicamente presentes nas escorrências rodoviárias.

(Adaptado de Leitão, 2004)

Atualmente, já se encontram desenvolvidos mecanismos e sistemas que permitem, de uma forma económica e eficiente, tratar as escorrências, preservando todas as características dos meios onde estas são lançadas e, por conseguinte, salvaguardando a sua sustentabilidade.

Fazendo a ponte para Portugal e tendo em consideração, por um lado, a vasta rede de vias de comunicação e, por outro, a mentalidade nacional de uso de carro próprio ao invés dos transportes coletivos, o problema ganha uma dimensão ainda maior, devendo ser objeto de uma cuidada análise na busca de soluções que visem a redução desta externalidade ambiental fortemente negativa para a sociedade (DPL – GCGSI, 2011).

De facto, não se perspetivando uma redução do volume de tráfego, nem uma mudança significativa no paradigma da mobilidade, a inação neste âmbito gerará, inevitavelmente, um crescente aumento das concentrações de poluentes presentes nas vias.

O estudo, desenvolvimento e implementação de soluções integradas e eficientes é, portanto, uma urgência, sob pena de estarmos a prejudicar, fortemente, as condições de saúde e o bem-estar das populações e a comprometer, seriamente, o desenvolvimento sustentável das regiões.

2.5 Legislação Associada à Gestão de Águas Pluviais

A identificação das externalidades ambientais e respetiva correção é, cada vez mais, uma necessidade, para se conseguir promover o desenvolvimento sustentável das regiões.

Aliando a este aspeto a importância e o impacto que a água desempenha na vida das populações, torna-se claro que a produção de legislação e de normas que regulamentem o controlo da sua qualidade é premissa fundamental para a preservação e proteção do ambiente.

Efetivamente, o impacto que a água tem em todo o planeta é tremendo. Todos os seres vivos necessitam dela para viver. Mas o ser humano, para além desta necessidade básica, usa-a para mais um sem-número de outras funcionalidades, pelo que este recurso constitui um autêntico motor de desenvolvimento de toda a sociedade.

Torna-se, portanto, imperiosa a adoção de medidas de controlo e de proteção, de forma a salvaguardar a preservação deste bem precioso para as gerações presentes e futuras.

Neste âmbito, os Estados Unidos da América afirmam-se como um exemplo a seguir, tendo tomado consciência desta problemática há já algum tempo e implementado, desde logo, medidas de combate à poluição das águas e de preservação da qualidade das mesmas.

Também a União Europeia, apesar de mais tarde, aprovou medidas e produziu legislação com o mesmo objetivo.

Atualmente, estas duas regiões do globo apresentam um plano geral responsável pela regulamentação dos mais diversos tipos de águas, assente em princípios como os do combate à poluição, preservação dos ecossistemas e promoção do uso eficiente da água – *Clean Water Act* no caso dos norte-americanos e *Diretiva Quadro da Água* no caso dos europeus.

Esta regulamentação geral é, depois, adaptada a cada estado nos Estados Unidos da América e a cada país na União Europeia, sendo estes os principais responsáveis pela implementação, controlo e fiscalização das medidas a ser colocadas em prática.

Na Europa, cada país é responsável pela qualidade da água do seu território, com prazos definidos para o cumprimento de um vasto conjunto de metas ambientais.

Portugal não foge à regra, tendo como principal documento normativo a *Lei da Água*.

Para além da ação da Agência Portuguesa do Ambiente – IP e da Autoridade Nacional da Água, encontra-se ainda definido um conjunto de planos referentes a todo o território e às bacias hidrográficas que o compõem, tendo para cada curso de água uma série de medidas e de mecanismos de controlo específicos, para salvaguardar a preservação da qualidade das mesmas.

Na mesma linha de ação, os Estados Unidos da América também apresentam uma entidade que é responsável pela criação de planos de ação e de sistemas de controlo e tratamento dos mais diversos tipos de águas – a EPA: Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América. A organização tem ainda a função de implementar regulamentos e medidas em estados onde a autonomia, no que toca a esta temática, ainda não lhes foi concedida.

Como grandes planos estratégicos referentes às águas, destacam-se o *Water Quality Act*, que regulamenta um conjunto de valores-limite quanto aos padrões de poluentes tóxicos permitidos nas respetivas massas de água; o *The Safe Drinking Water Act*, com o intuito principal de aplicar medidas de prevenção e de proteção da saúde pública, através da regulamentação do fornecimento de água para consumo humano; o *The National Pollutant Discharge Elimination System Stormwater Program*, que regulamenta todas as descargas pluviais, de forma a prevenir possíveis contaminações dos cursos de água por via de poluentes transportados pelas respetivas águas pluviais, através de um audacioso programa de implementação de medidas e sistemas de tratamento; o *The National Menu of Best Management Practices for Stormwater Phase II*, que consiste num conjunto de guias de boas práticas a ser implementadas pelos cidadãos, no que se refere às águas pluviais.

Quanto à Europa, a grande maioria destes planos está entregue aos respetivos países, cabendo-lhes a tarefa de analisar as suas peculiaridades e definir a regulamentação que achem mais adequada.

Em Portugal, por exemplo, destaca-se o *Plano Estratégico Nacional para os Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais* (PENSAAR). Neste documento, define-se todo um conjunto de critérios, orientações estratégicas e metas para os setores em causa.

Importa, no entanto, sublinhar uma diferença significativa. Ao contrário do que se verifica nos Estados Unidos da América, tanto na União Europeia como a nível nacional não existe qualquer tipo de legislação específica que defina um conjunto de mecanismos e sistemas de controlo da qualidade das águas pluviais.

Esta é uma situação grave, potencialmente geradora de um sério problema, pois assim as águas pluviais tornam-se um foco de poluição, contaminando os mais diversos cursos de água e pondo muitas vezes em risco um vasto conjunto de espécies e de ecossistemas.

Quanto às águas de escorrência rodoviária, tendo em conta toda a sua importância na sustentabilidade das regiões e a ausência de legislação específica nesta matéria, apresentam as concentrações dos seus poluentes nos locais de descarga definidas por via de uma comparação com os Valores-Limite de Emissão com base no Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto, o qual estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas.

De forma a dar um contributo nesta área, realizou-se, entre 2008 e 2011, o projeto G-Terra, que teve como objetivo analisar a origem e magnitude dos poluentes presentes em escorrências rodoviárias e compreender as relações entre estes aspetos e as características específicas das estradas. Com base nos resultados obtidos, foram estabelecidas algumas diretrizes para uma melhor gestão das escorrências de estradas em Portugal, tendo em vista a proteção ambiental, em especial dos recursos hídricos (Ramísio, 2011).

No entanto, muito se pode e deve ainda fazer, nomeadamente ao nível político-legal, de forma a criar legislação e regulamentação específicas para estas escorrências, garantindo-se uma correta gestão das mesmas.

A preservação e proteção das águas existentes é, de facto, um desafio cada vez mais complexo, que exige uma abordagem abrangente e integrada. É fundamental ter em conta todos os tipos de água, apresentando, para cada uma deles, regulamentos que garantam a sua qualidade.

Urge tomar consciência deste problema e pensar de forma séria neste assunto, criando uma legislação abrangente a todos estes tipos de água, porque só assim se pode promover o desenvolvimento sustentável dos mais diversos ecossistemas.

Ao mesmo tempo, Portugal e os países desenvolvidos devem assumir a responsabilidade e até a missão de promover a aprovação de legislação própria e um sistema de fiscalização eficiente nos países menos desenvolvidos, para que as ações tomadas deixem de ter um carácter exclusivo dos países considerados ricos, e passem a ser um desígnio global que mobiliza todo o planeta.

Em suma, importa valorizar um novo paradigma de abordagem, que se traduza numa visão holística, abrangente e articulada, envolvendo todo o planeta na procura, na implementação e na fiscalização de medidas de combate à poluição das águas e de promoção da sua qualidade.

Só com planos concretos para cada região e com ações e legislação globais será possível obter melhorias constantes no que se refere aos recursos e ecossistemas hídricos e ainda dar passos seguros e consistentes no tão desejado desenvolvimento sustentável do planeta.

Capítulo 3:

GESTÃO SUSTENTÁVEL DE ESCORRÊNCIAS RODOVIÁRIAS

3.1 Introdução

A água é um bem essencial à sobrevivência de todos os seres vivos. Não é, portanto, de admirar que os crescentes problemas de escassez deste recurso natural sejam motivo de preocupação por parte dos decisores políticos e respetivas sociedades.

Neste contexto, as águas pluviais e, inerentemente, as escorrências rodoviárias assumem, também, uma importância vital na sustentabilidade das regiões.

Cada vez mais, com o aumento da população, aliado a um crescimento acelerado do número de viaturas e de vias de comunicação globais, o volume de escorrências, bem como as respetivas cargas poluentes, aumenta, causando sérios problemas nas regiões envolventes.

Estamos perante uma externalidade ambiental, na medida em que estes problemas não são ainda devidamente considerados aquando da implementação dos projetos das vias de comunicação, sendo os impactos imputados à sociedade.

Assim, paralelamente à caracterização destas águas e definição de formas de atuação, deve também encontrar-se mecanismos que minimizem ou até mesmo eliminem estas externalidades, transferindo a responsabilidade da esfera da sociedade para a esfera das entidades gestoras das vias de comunicação e/ou utentes das mesmas.

Só deste modo se poderá, por um lado, tomar medidas verdadeiramente eficazes do ponto de vista ambiental e, por outro, salvaguardar a viabilidade económico-financeira dos sistemas de tratamento das escorrências.

Aliás, no dimensionamento destes sistemas, dever-se-á ter em atenção um conjunto de aspetos. É que, no que se prende com as escorrências rodoviárias, cada caso é um caso, sendo que os sistemas mais eficazes numa situação podem revelar-se ineficientes noutra, pelo que é imprescindível o estudo e a compreensão de todos os fatores que influenciam a constituição e os impactos destas águas.

Importa ter em conta as intensidades, durações e espaçamento das precipitações, o tipo de envolvente – zonas rurais reclamam abordagens completamente distintas das de zonas urbanas –, bem como os processos usados na limpeza das vias em causa.

O tipo e o volume de trânsito, assim como o tipo de via de comunicação, também devem ser considerados, uma vez que mais veículos implicam maiores quantidades de poluentes e a forma e o tipo de agentes contaminadores presentes numa autoestrada são significativamente distintos dos verificados numa estrada nacional.

Noutro âmbito, o tipo e as características do solo também têm grandes implicações na definição de soluções a implementar. Na verdade, as medidas a aplicar numa região em que o terreno seja iminentemente de ocupação agrícola, por exemplo, são completamente distintas da abordagem a ser efetuada quando estamos no centro de uma cidade. Por outro lado, as próprias características químicas e físicas dos solos têm grande influência na dispersão e transporte dos agentes contaminadores, pelo que devem também ser alvo de estudo.

Estes processos, a realizar antes da escolha e do dimensionamento dos sistemas a implementar, são essenciais para que as soluções se apresentem eficazes e sustentáveis. A caracterização da envolvente, bem como a quantificação das cargas poluentes presentes nas vias de comunicação, deve, por isso, assumir-se como parte integrante de todo o projeto. Só tendo feito este estudo e análise preliminares se deve proceder à análise dos diferentes mecanismos existentes e à escolha de uma solução.

Esta segunda etapa revela-se também fundamental para a viabilidade económico-ambiental de qualquer projeto. De facto, a opção por determinado sistema de gestão da qualidade das escorrências urbanas deve ser feita tendo em consideração uma visão holística, considerando os benefícios que traz para a melhoria das condições ambientais da região e também o seu custo e respetiva viabilidade económica.

Atualmente, existe uma grande variedade de soluções – bacias de retenção, filtros granulares, pavimentos permeáveis e reservatório, órgão de retenção de óleos, trincheiras de infiltração, etc. –, apresentando cada uma um conjunto de especificações muito próprias, de tal forma que a mesma pode revelar-se ideal para determinadas soluções e desajustada para outras.

Torna-se, por isso, evidente a necessidade de um estudo exaustivo e de uma análise cuidada e completa, de forma a poder-se optar pelas soluções mais adequadas, que garantam a sustentabilidade ambiental e, também, económico-financeira dos projetos e regiões.

Felizmente, hoje em dia, assiste-se a uma crescente consciencialização por parte de todos, percebendo-se que o desenvolvimento das regiões e das sociedades não passa apenas pela vertente económica, mas também pela componente social e ambiental.

De facto, só conjugando estas três dimensões, isto é, aliando ao desenvolvimento económico a componente do bem-estar das populações e a proteção e preservação de todas as espécies e *habitats*, se poderá garantir o desenvolvimento profícuo e sustentável das regiões e das sociedades.

Este desenvolvimento passa também, em grande medida, pelo tratamento das escorrências rodoviárias. Apresentando em múltiplas situações elevadas concentrações de poluentes, reclamam a implementação de sistemas e de mecanismos eficientes e específicos para cada caso, tendo em vista a melhoria física e química das mesmas e, como consequência, dos ecossistemas das regiões envolventes.

É, por isso, essencial perceber as características próprias de cada sistema para, depois, se proceder a uma escolha correta e a uma aplicação eficaz.

3.2 Condicionantes do Impacto das Escorrências Rodoviárias

A definição de uma estratégia eficaz e efetivamente sustentável para o tratamento das escorrências rodoviárias, minimizando os seus impactos na sociedade e no ambiente, depende, em grande medida, de uma correta avaliação e caracterização da escorrência em causa.

Existe uma multiplicidade de composições químicas, pelo que cada caso envolve uma abordagem diferente. Desta forma, o nível de poluição destas águas é afetado por uma série de fatores e de circunstâncias, nomeadamente:

- Tempo seco antecedente e intensidade de precipitação do evento;
- Densidade populacional e rodoviária;
- Nível de cobertura vegetal;
- Metodologia de limpeza das vias;
- Práticas locais, tais como varrer ruas, controlo de animais de estimação, rega de jardim ou utilização de produtos químicos e de fertilizantes (Martins, 2012).

Este conjunto de variáveis, associado ao facto de esta poluição ser, eminentemente, difusa, leva a que se verifique uma maior dificuldade no que se refere à implementação de processos de definição e de tratamento deste tipo de água.

Verifica-se ainda um outro processo, descontínuo e de grande amplitude espacial, derivado do ciclo hidrológico e da possibilidade de as águas precipitadas terem percorrido, previamente, largas distâncias.

A atmosfera também contribui, em grande parte das situações, para o surgimento de poluentes. Zonas de grande atividade, como a industrial e a queima de combustíveis, situadas em locais de elevada densidade populacional, promovem a presença de gases, aerossóis e partículas sólidas suspensas, extremamente nocivas para o ambiente.

Agravando ainda mais a situação, as fontes difusas caracterizam-se também pela sua intermitência, dado que o transporte de poluentes está intimamente relacionado com a precipitação, que é um fenómeno aleatório.

Assim, este tipo de poluição pode ser dividido em fontes estacionárias e fontes móveis. Quanto às primeiras, são caracterizadas por emissões provenientes de fontes fixas como, por exemplo, a degradação dos pavimentos rodoviários, enquanto o segundo tipo está ligado a emissões provenientes

de veículos, destacando-se, neste âmbito, a degradação dos pneus, a queima parcial dos combustíveis e o desgaste dos travões (Ramísio, 2007).

Não é, por isso, de admirar que o tipo de agentes contaminadores presentes nas escorrências rodoviárias seja muito vasto, pelo que a definição do tipo de sistema a implementar deve depender, em boa medida, da concentração de cada um.

Como grupos de poluentes mais comuns nas águas pluviais, destacam-se os seguintes elementos: sedimentos, nutrientes, metais pesados, micropoluentes orgânicos e microrganismos patogénicos (Costa, 2012).

A análise e o estudo realizado aquando da conceção dos diversos sistemas de tratamento de escorrências rodoviárias não devem, porém, cingir-se única e exclusivamente à caracterização química das águas em causa e aos respetivos caudais. Devem, de igual modo, ter em consideração as características dos solos em causa, bem como todas as condições da área envolvente.

Os solos têm, de facto, uma importância decisiva na qualidade das águas envolventes. Variações nas suas propriedades físicas e químicas levam a que, para uma mesma concentração de determinado agente contaminador, o seu impacto sobre as escorrências seja diferente do inicialmente previsto. Em relação às propriedades físicas, destacam-se a permeabilidade, a espessura e a capacidade de retenção. No que se refere às propriedades químicas dos solos que influenciam as concentrações de poluentes, são o tipo de solo, a superfície específica das partículas sólidas, a percentagem de argila, a percentagem de matéria orgânica, a capacidade de troca catiónica, a percentagem de minerais das argilas, a salinidade, a temperatura, a humidade, a população de bactérias e, principalmente, o pH, o dióxido de carbono, a concentração de sulfatos e de nitratos, a concentração de fósforo, os processos biológicos e o potencial *redox*.

Torna-se, portanto, evidente que cada solo apresenta uma capacidade de adsorção específica e reage de maneira diferente aos mais diversos poluentes, sendo que cada agente contaminador apresenta um leque de minerais com os quais possui maior aptidão para reagir. Diferentes propriedades do solo podem levar a que precipitem determinados compostos das águas de escorrência ao invés de outros.

Daí que seja fundamental, aquando do dimensionamento dos sistemas que visam o controlo da qualidade das águas, fazer uma cuidada análise das propriedades dos solos, uma vez que estas podem permitir poupanças significativas na implementação de mecanismos e de processos de redução das cargas poluentes.

Ao mesmo tempo, dever-se-á ainda realizar sempre uma quantificação das cargas poluentes, de forma a ser possível obter uma clara caracterização de todo o problema e, assim, proceder à definição de estratégias de atuação eficazes e sustentáveis.

É usual utilizar-se polutogramas, que mais não são do que representações gráficas da variação da concentração ou da massa de um poluente na escorrência em função do tempo (Ramísio, 2007).

Tendo em conta que as quantidades de poluentes transportados variam, muitas das vezes, em função da intensidade de precipitação, é usual utilizar dois parâmetros – a concentração média do evento e a massa específica do evento –, responsáveis pela caracterização da variação entre eventos da concentração e massa específica dos constituintes das escorrências (Ramísio, 2007). Para além destes dois métodos, utiliza-se ainda, na caracterização dos agentes poluidores das escorrências, o cálculo da concentração média local.

Outro ponto importante a ter em consideração aquando da avaliação e da caracterização da poluição presente nas escorrências rodoviárias prende-se com o chamado “primeiro fluxo”, isto é, as primeiras escorrências verificadas no início de uma precipitação apresentam os níveis de poluição mais elevados (Bertrand-Krajewsky *et al.*, 1998). A sua análise torna-se, por isso, crucial no controlo e redução da poluição e na melhoria das condições das escorrências.

Como se pode constatar, existe uma multiplicidade de fatores externos que provocam impactos significativos em todo o ambiente e que devem ser alvo de uma cuidada análise.

Atualmente, está disponível uma grande variedade de sistemas que contribuem fortemente para a melhoria da gestão da qualidade das escorrências rodoviárias. No entanto, a sua correta implementação depende, em grande medida, da realização de uma análise preliminar cuidada e exaustiva.

Este é o requisito fundamental na adoção de medidas sustentáveis, eficientes e que conciliem a melhoria das condições ambientais e sociais com o aspeto económico e financeiro dos projetos.

3.3 Sistemas de Tratamento e Controlo de Escorrências Rodoviárias

O controlo da poluição presente nas escorrências rodoviárias “pode ser realizado por medidas de gestão, focadas na sua origem, e por medidas estruturais de controlo e retenção dos poluentes. Exemplos de gestão na origem são o adequado planeamento e manutenção das infraestruturas de drenagem, separando a drenagem da plataforma da restante. Os controlos estruturais incluem sistemas de retenção dos poluentes a jusante do sistema de drenagem” (Ramísio, 2011).

Os objetivos dos sistemas de tratamento de escorrências rodoviárias são:

- Manter as condições hidráulicas semelhantes às da situação de referência;
- Remover sólidos em suspensão e poluentes associados;
- Reduzir o potencial erosivo gerado pelo escoamento superficial;
- Preservar os sistemas naturais existentes;
- Diminuir os impactos do aumento térmico gerados pelas superfícies impermeáveis (Ramísio, 2011).

Neste contexto, é fundamental uma correta definição das soluções de tratamento de escorrências rodoviárias a implementar em determinado projeto.

Diferentes sistemas apresentam diferentes especificações, podendo ser os ideais para determinada área e ficar desajustados noutra. Perceber qual o ambiente em que vão estar inseridos, bem como as condicionantes da região em causa, é, por isso, o primeiro passo para a definição de uma correta solução.

Tendo uma visão holística da área de intervenção, deve proceder-se à escolha dos sistemas mais eficientes. A compreensão das características de cada mecanismo e processo é de extrema importância, aquando da definição de soluções verdadeiramente sustentáveis e viáveis, quer do ponto de vista ambiental, quer do ponto de vista económico e social.

“É ainda de referir que muitos dos sistemas apresentados, quando usados individualmente, não satisfazem os critérios pretendidos, ou pela insuficiente longevidade ou pela incapacidade de cumprir os critérios de remoção pretendidos” (Ramísio, 2011). Torna-se, portanto, imprescindível a definição de abordagens e de soluções integradas e abrangentes, conectando diferentes sistemas em rede e, assim,

potenciando a criação de sinergias entre estes e, conseqüentemente, proporcionando um forte contributo para a melhoria das condições da região.

Apresentam-se, de seguida, as principais soluções de tratamento de escorrências rodoviárias, com os respetivos pontos fortes e pontos fracos, assim como as oportunidades e problemas associados a cada uma delas.

3.3.1 Soluções de Controlo na Origem

Tendo em conta que a origem da poluição das águas pluviais é muitas vezes difusa e difícil de determinar, as soluções de controlo na origem assumem-se como um instrumento privilegiado no combate.

Apresentados, com frequência, como sistemas de pequenas dimensões que, individualmente, pouco contribuem para a melhoria da qualidade da água, a verdade é que, quando são aplicados em rede e de forma integrada, produzem resultados extremamente positivos. De facto, trata-se de mecanismos e de processos introduzidos a montante da rede de coletores, que produzem ações de melhoria a jusante dos mesmos.

Assumindo diferentes possibilidades de dimensões reduzidas, estas técnicas, para além de promoverem a infiltração das águas nas zonas de precipitação, permitem uma redução significativa da carga poluente, restringindo, assim, a casos muito específicos a necessidade de recorrer a estações de tratamento convencionais.

Saliente-se, porém, que estas técnicas devem ser sempre aplicadas em consonância com um conjunto de políticas abrangentes e sempre em articulação com outros elementos de ordenamento e de planeamento do território. Estratégias que analisem toda uma região e todos os sistemas, de uma forma integrada e não individual, permitem resultados significativamente mais satisfatórios e melhorias muito mais visíveis.

Estudos experimentais comprovam que a aplicação destas soluções permite obter reduções de cargas poluentes na ordem dos 60 a 70% em carga orgânica, de 80 a 90% de sólidos suspensos, de 30 a 40% de azoto e de 30 a 40% de metais pesados (Matos, 1999).

Ao mesmo tempo, contribuem diretamente para a criação de zonas de usos múltiplos, promovendo, assim, melhorias significativas no plano social e fomentando o desenvolvimento de áreas verdes e de lazer.

3.3.2 Bacias de Retenção

“As bacias de retenção são estruturas de armazenamento de águas pluviais, com o objetivo de regularizar os caudais, possibilitando a restituição a jusante de caudais compatíveis com o limite previamente fixado ou imposto pela capacidade de vazão de um coletor existente ou a construir.

A vantagem fundamental consiste, então, em permitir descarregar caudais muito inferiores aos que entram em regime de ponta, reduzindo os riscos de inundações” (Matias, 2006).

À primeira vista, as inundações podem aparentar não ter qualquer impacto na qualidade da água, mas a verdade é que grandes caudais acabam por atingir zonas que, *a priori*, não seriam inundáveis, arrastando consigo sedimentos e compostos que, em determinadas situações, têm um forte impacto na qualidade das águas.

É, por isso, muito importante, conseguir controlar estes volumes de escorrência, garantindo que as águas não atinjam zonas sensíveis.

Neste âmbito, as bacias de retenção apresentam um papel de enorme relevância no controlo da poluição das escorrências rodoviárias. De facto, verifica-se que, para além da capacidade de armazenamento, estes sistemas permitem também melhorias significativas da qualidade das águas.

Devido ao facto de a água apresentar condições específicas de escoamento e muitas vezes uma atividade química e microbiológica intensa, estes sistemas promovem diversas reações e possibilitam a decantação e a sedimentação de materiais sólidos suspensos, contribuindo fortemente para a melhoria e sustentabilidade das condições das águas em causa.

Agentes contaminadores como, por exemplo, os coliformes vêm a sua concentração ser reduzida significativamente, aquando da sua passagem por estes sistemas, “através da sedimentação e de uma série de condições, nomeadamente, a temperatura da água, alterações químicas, a competição biológica, o consumo de bactérias por certos organismos como protozoários microscópicos e a ação microbida da luz solar nas camadas superiores de retenção” (Martins, 2012).

Por via da ação provocada pela resistência hidráulica da vegetação e do solo, bem como pelo aumento da área de escorrência, estes sistemas permitem diminuir a velocidade de escoamento, criando, assim, um tempo de retenção que promove o assentamento e a remoção de uma parte significativa de agentes contaminadores.

Elementos como o fósforo podem ainda ser inseridos no processo de crescimento das plantas e como tal a sua concentração na água regista uma redução. Importa, no entanto, ter em consideração que o

fenómeno inverso da libertação de fósforo nas águas também se pode verificar, aquando da morte de plantas. Em cenários de grande abundância de fósforo, pode mesmo acontecer um crescimento desenfreado de algas, com um incremento do consumo de oxigénio, levando à morte de diversas espécies.

Os metais pesados são outros compostos cuja concentração pode ser reduzida, aquando da passagem pelas bacias de retenção. Encontrando-se frequentemente sob a forma solúvel, estes elementos sofrem muitas vezes precipitação, processos iónicos de trocas de iões ou até mesmo remoção por via da ação das plantas, como é o caso do zinco.

O chumbo, por exemplo, que tem tendência a ser associado às diversas partículas presentes nos sedimentos, sofre uma remoção por via de uma deposição no fundo das bacias. A diminuição da velocidade promove este fenómeno, pelo que se deve ter em atenção as concentrações em causa, dado que um aumento das mesmas pode resultar numa contaminação do sistema, provocando a morte de diversas espécies aquáticas e afetando toda a cadeia alimentar.

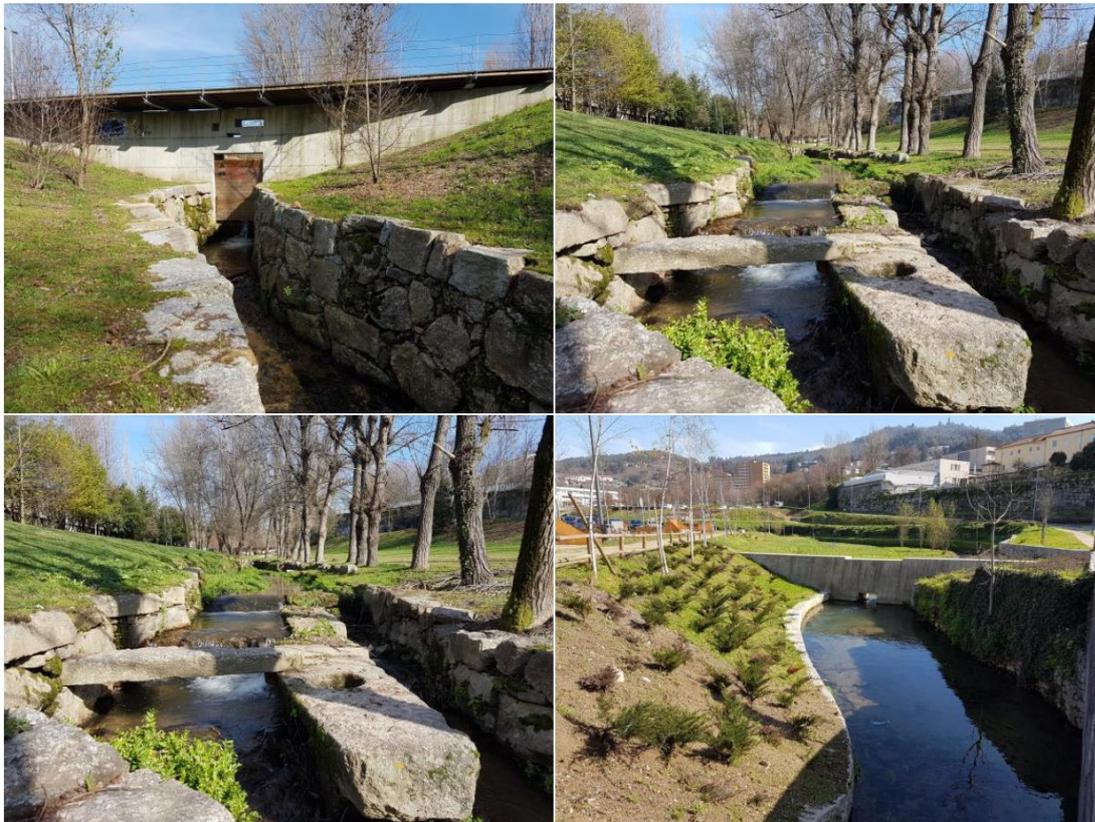


Figura 18: Rede de bacias de retenção na Ribeira de Couros, Guimarães.

As bacias de retenção, para além de melhorarem a qualidade das águas pluviais e de contribuírem para uma gestão sustentável das mesmas, funcionam ainda, muitas vezes, como espaços de lazer e de recreação para as populações.

Estes sistemas caracterizam-se, frequentemente, como zonas ricas em espécies e organismos, pelo que a sua manutenção deve ser feita de uma forma criteriosa e assertiva, para se garantir a sustentabilidade do meio.

Neste âmbito, deve ter-se em consideração as características das escorrências afluentes. Ao mesmo tempo, é importante fazer com frequência uma recolha dos sedimentos acumulados e promover uma limpeza regular dos dispositivos presentes no sistema. As bermas, taludes e o canal de fundo também devem ser alvo de inspeções, quanto à sua estabilidade, e de limpezas regulares, de forma a garantir o bom desempenho de todo o sistema. Por último, deve ainda ser executado um controlo regular da qualidade das águas pluviais.

Tendo em consideração o carácter variável das características das escorrências e o efeito de despoluição que se pretende obter com a implementação destes sistemas, é usual e recomenda-se que na sua implantação se proceda, também, a uma monitorização da água a jusante.

Esta monitorização pretende verificar e analisar os diversos parâmetros e estudar o impacto e a eficiência que estes mecanismos e processos têm na qualidade das águas, recolhendo dados relativamente ao grau de controlo de poluição, bem como à eficiência de remoção, e de que forma é que esta varia ao longo do tempo de vida da estrutura.

Importa referir, por último, que, na grande maioria dos casos, estas soluções apresentam uma área de implantação bastante assinalável. Como tal, o preço dos terrenos em causa é fator limitador, dado que zonas onde o custo por metro quadrado seja muito elevado acabam por exigir um investimento muito alto, tornando o sistema inviável do ponto de vista económico-financeiro.

3.3.3 Filtros Granulares

Os filtros granulares são dispositivos que, através de camadas drenantes, normalmente de areia, permitem filtrar a água, resultando, assim, num escoamento tratado e com qualidade a jusante, significativamente melhor do que a montante.

O sistema apresenta muitas variantes e é composto, na grande maioria dos casos, sequencialmente por uma estrutura de entrada, câmara de sedimentação, leito de areia, drenos e membrana de proteção contra infiltrações (Martins, 2012).

Os filtros granulares, geralmente, não necessitam de uma grande área para a sua implantação e podem ser instalados em zonas acidentadas, com grandes declives, e também em zonas urbanizadas e desenvolvidas.

Podem também ser utilizados como apoio a outros mecanismos pré-existent, mas não devem ser implementados em zonas onde haja uma grande abundância de sedimentos nas águas, uma vez que tal situação pode resultar na colmatação dos filtros, comprometendo a sua eficiência. Em zonas onde este cenário se verifique, deve instalar-se um sistema de tratamento a montante que permita reduzir a quantidade de sedimentos presente no escoamento.

De igual modo, deve ter-se atenção aos óleos e gorduras incorporados nas águas. De forma a melhorar a eficiência destes mecanismos de filtração, é comum instalar-se sistemas a montante que procedam ao pré-tratamento, permitindo, assim, que se evite possíveis colmatações nos filtros.

Uma atenção redobrada deve merecer a instalação destes mecanismos em zonas onde se verifica uma grande exigência da qualidade das águas, dado que em certas situações podem ocorrer contaminações das águas subterrâneas com níveis de poluição acima dos permitidos para as zonas em análise.

Relativamente à localização, importa frisar que os filtros granulares, quando implementados fora do sistema primário de detenção, apresentam eficiências de tratamento muito positivas, a curto e a longo prazos.

No dimensionamento, deve dar-se uma especial atenção à entrada das águas no filtro, de tal modo que se verifique um espalhamento uniforme do fluxo sobre toda a superfície do meio filtrante.

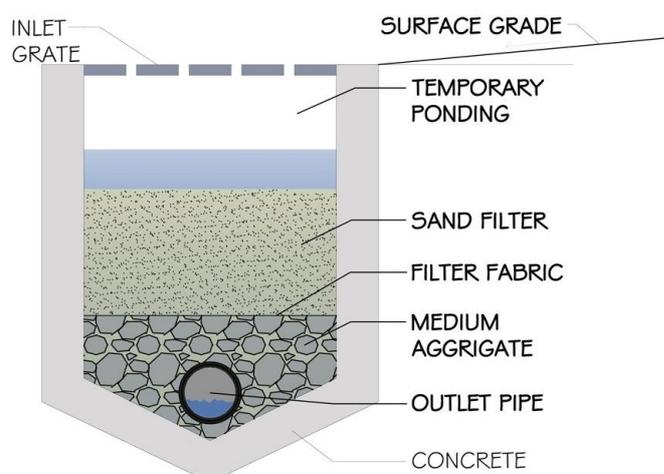


Figura 19: Secção transversal de um filtro de areia.

(Adaptado de Abbey Associates Inc.)

No que diz respeito à manutenção, deve ser feita regularmente ao meio filtrante, assim como uma análise à qualidade da água, para se garantir o seu correto funcionamento. Estas inspeções tornam-se tanto mais necessárias quanto maior for o uso que o mecanismo tiver, exigindo-se, como é óbvio, uma atenção redobrada em alturas de maior precipitação e escorrências. Além disso, ao longo da sua utilização, é comum que estes sistemas ganhem uma camada superficial de sedimentos e de detritos, que comprometem a eficiência, pelo que é importante que, durante as inspeções, se tenha em atenção este ponto e, sempre que necessário, se tomem medidas, de forma a reintroduzir no sistema as condições iniciais. Para isso, é essencial que regularmente se raspe esta camada superficial, restaurando o seu normal funcionamento. “Os custos de manutenção são estimados em 5% dos custos de construção por ano” (Ramísio, 2011).

3.3.4 Pavimentos Permeáveis e Pavimentos Reservatório

O chamado pavimento permeável ou pavimento reservatório apresenta as mesmas funções estruturais de um pavimento tradicional, tendo como principal vantagem o facto de possuir uma maior capacidade de redução do escoamento das águas superficiais que precipitam e escorrem no mesmo.

Na sua grande maioria constituído por uma camada superficial composta por um revestimento drenante assente numa ou num conjunto de camadas granulares de elevada porosidade – podem ser materiais granulares, misturas betuminosas, betões porosos, materiais alveolares em plástico ou até mesmo materiais reciclados como, por exemplo, pneus usados –, este pavimento permite promover a absorção das águas pelo solo, ao mesmo tempo que também possibilita o armazenamento temporário de uma parte do volume da escorrência gerada.

Trata-se, por isso, de um sistema que apresenta, tal como as bacias de retenção, um impacto extremamente positivo na minimização de inundações, para além de oferecer também grandes vantagens no que à gestão da qualidade das escorrências diz respeito, através da fixação e filtração dos mais diversos agentes poluidores.

Ao longo dos últimos anos, com o intuito de avaliar a eficiência dos pavimentos permeáveis na melhoria das águas e na sustentabilidade do meio hídrico, foram realizados diversos projetos de investigação que visaram, essencialmente, a análise em dois níveis: ao nível do reservatório, avaliando a variação da concentração de poluentes em função da profundidade, e ao nível do solo envolvente (Acioli, 2005).

Em termos globais, os mecanismos usados no controlo da poluição por parte destes sistemas assentam em três grandes grupos: sedimentação, filtração e sorção, ou seja, processo que promove a realização de reações químicas no seio dos pavimentos, permitindo a fixação de agentes poluidores presentes nas águas de escorrência (CIRIA, 1996).



Figura 20: Diferentes tipos de pisos permeáveis.

(Adaptado de Sinduscon MT, Portal AECweb e *O Semanário Regional*)

Estudos lavados a cabo por Legret, em França, em 1999, comprovaram a importância de diferentes camadas nos pavimentos, na retenção de poluentes. Por exemplo, no que se refere a grande parte dos poluentes metálicos e ao chumbo associado a matéria em suspensão, verificou-se que a sua retenção é realizada nas camadas superiores dos pavimentos. Por outro lado, elementos como zinco, cádmio ou cobre apresentaram maiores probabilidades de serem retidos nas camadas mais inferiores dos pavimentos reservatórios e permeáveis (Legret *et al.*, 1999).

Outro impacto importante que estes sistemas apresentam prende-se com a capacidade de reter e de tratar poluentes derivados do petróleo, através da biodegradação microbiológica. Tendo em conta que muitos dos poluentes presentes nas águas advêm da sua contaminação por via do contacto com derivados petrolíferos presentes nos pavimentos rodoviários, a aplicação destes sistemas assume uma importância redobrada, dado que em diversos casos foram verificadas reduções de mais de 90% da poluição, relativamente à quantidade inicial (Pratt *et al.*, 1999).

Para além de uma análise prévia das características das águas pluviais, aquando do dimensionamento dos pavimentos deve ter-se em atenção qual o nível de infiltração desejado.

Por último, mas não menos importante, importa assinalar que, sendo este um sistema significativamente eficaz, quer no controlo de caudais, como foi visto no capítulo anterior, quer na melhoria das condições

de qualidade das águas, deve ser inspecionado e sofrer uma manutenção regular, de forma a assegurar-se que não existe colmatção dos poros nem acumulação de objetos estranhos, garantindo-se, assim, a sua durabilidade e eficiência.

3.3.5 Órgãos de Retenção de Óleos e Sedimentos

As águas de escorrência, durante o seu percurso desde o ponto em que precipitam até à rede de drenagem, são, na grande maioria das situações, contaminadas por agentes poluentes, tais como óleos, combustíveis, compostos de petróleo, sedimentos e sólidos suspensos.

Estradas, parques de estacionamento, postos de abastecimento e oficinas de reparação automóvel assumem, portanto, o papel de principais fontes, pelo que, no dimensionamento das redes de drenagem das respetivas águas, deve ser dado um maior enfoque, de forma a garantir-se a qualidade das mesmas.

Neste contexto, surgiram as caixas de retenção de óleos e de sedimentos, que apresentam como principal objetivo a remoção daqueles compostos das águas de escorrência.

Como é óbvio, é necessário analisar o tipo de poluente, sendo que os óleos podem dividir-se em cinco grandes grupos, dependendo da dimensão das partículas: óleo livre, óleo emulsionado mecanicamente, óleo emulsionado quimicamente, óleo dissolvido e óleo aderente a sólidos (Martins, 2012).

De uma forma geral, os óleos presentes nas escorrências rodoviárias apresentam dimensões compreendidas entre 25 e 60 μm .

Apesar de os óleos que se encontram emulsionados necessitarem de tratamento especial – através da adição de sulfatos de alumínio, introdução de polímeros e acidificação –, a verdade é que, na maior parte das situações, a remoção destas substâncias é feita por via da ação da gravidade.

Estes sistemas apresentam rendimentos que variam em função das condições ambientais, nomeadamente no que à temperatura e à densidade da água e dos óleos diz respeito.

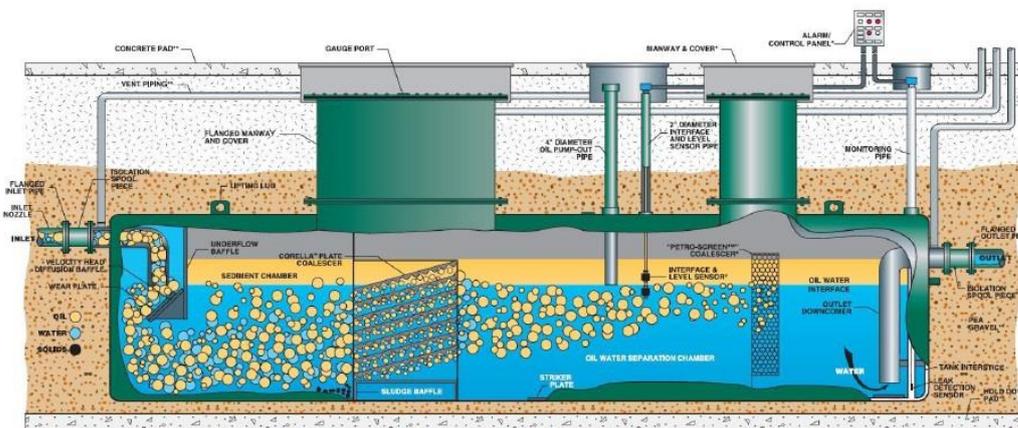


Figura 21: Sistema separador de óleos e de gorduras.

(Adaptado de Martins, 2012)

No que se refere à sua manutenção, estas caixas de retenção de óleos destacam-se por apresentarem um custo significativamente reduzido. No entanto, há um conjunto de aspetos que deve ser tido em consideração. Para garantir que todo o sistema funcione sem falhas e sem comprometer a sua missão, as caixas devem ser de fácil acesso e deve fazer-se uma inspeção regular. Os óleos e sólidos depositados têm de ser removidos frequentemente, de forma a evitar descargas contaminadas. Estas rotinas de inspeção e de remoção devem ser reforçadas em alturas de maior precipitação e caudal. Por último, deve ainda ser efetuado um correto isolamento e vedação da caixa de óleo, a fim de se acautelar a contaminação, quer do terreno envolvente, quer das águas subterrâneas.

3.3.6 Trincheiras de Infiltração

Tendo a sua implementação enormes impactos na gestão dos caudais e na minimização dos impactos das inundações, as trincheiras de infiltração apresentam também uma grande importância na gestão da qualidade da água e na sustentabilidade dos ecossistemas.

Com um funcionamento idêntico aos pavimentos permeáveis, possibilitando o amortecimento dos hidrogramas de cheia da área em questão, este sistema promove ainda a infiltração da água nos solos, reduzindo os volumes de escoamento e favorecendo a redução da carga poluente.

Cada trincheira é caracterizada por apresentar um limite máximo e um limite mínimo, no que concerne à condutividade hidráulica². O valor mínimo diz respeito à capacidade de drenagem que o solo apresenta,

² Condutividade hidráulica: propriedade do solo que expressa a facilidade com que a água nele se movimenta.

não devendo ser muito alta, enquanto o valor máximo tem a ver com o potencial de remoção de poluentes, estando, por isso, diretamente associado ao risco de contaminação do aquífero.

O que acontece é que, se a condutividade hidráulica for muito elevada, a água infiltra-se num curto período de tempo, não tendo o solo capacidade de filtrar os poluentes. Pelo contrário, se for muito reduzida, a água é encaminhada para o sistema de drenagem subsequente, não havendo grande volume de água a ser infiltrada no solo e, como tal, não se verifica grande melhoria no tratamento da mesma (Martins, 2012).

É, por isso, essencial fazer uma avaliação do tipo de solos presentes na região, de forma a aferir quanto à eficácia e viabilidade de implementação deste sistema.

No que se refere à caracterização das trincheiras, dividem-se em dois grandes grupos: as superficiais e as subterrâneas. As primeiras são geralmente aplicadas em zonas residenciais, onde a carga de poluentes, nomeadamente, sedimentos e óleos, é pequena. A filtração e a retenção destes compostos podem, então, ser feitas pelas coberturas vegetais, não havendo necessidade de promover grandes infiltrações. Quanto às do segundo grupo, caracterizam-se por apresentar uma estrutura de drenagem bem definida, assim como uma avançada estrutura de entrada, onde se deve fazer uma retenção de sedimentos e de óleos. Estas trincheiras subterrâneas têm uma maior capacidade de retenção de agentes contaminadores, pelo que são usadas em zonas urbanas de maior poluição.



Figura 22: Trincheira de infiltração usada num parque de estacionamento, na Austrália.

(Adaptado de Geowater, 2009)

Convém ainda sublinhar que, na implementação deste mecanismo, deve ter-se em consideração a caracterização das águas que vai receber. Apesar de apresentar uma boa eficiência no que se refere à

remoção de agentes poluentes, a verdade é que, no caso de receber elevadas concentrações de sedimentos, o seu funcionamento pode ficar severamente condicionado. Com efeito, grandes cargas podem provocar a colmatação do solo e do filtro geotêxtil, comprometendo todo o sistema. Assim, em zonas onde as águas deste tipo sejam abundantes, as trincheiras de infiltração devem ser dotadas a montante de estruturas de remoção de sedimentos, tais como bacias de decantação ou faixas relvadas – estruturas onde a velocidade de escoamento seja significativamente reduzida, para favorecer a decantação e precipitação dos diversos tipos de sedimentos.

As melhorias no que se refere à qualidade da água são significativas, apresentando resultados comprovados na grande maioria das situações de contexto real em que as trincheiras foram implementadas.

No que à manutenção diz respeito, devem ser realizadas inspeções regulares, de forma a salvaguardar, sempre, o seu correto funcionamento.

3.3.7 Valas Vegetadas

Este sistema consiste num conjunto de dispositivos de desenvolvimento longitudinal, a céu aberto, revestido com cobertura vegetal e geralmente de pequena profundidade de secção variável, podendo assumir formas triangulares, trapezoidais ou em curva.

Apresenta como função primordial a recolha das águas de escorrência superficial, transportando-as de seguida a velocidades reduzidas, proporcionando, deste modo, uma elevada taxa de infiltração, ao longo do percurso, por parte dos solos envolventes. Também pode funcionar como dispositivo de retenção dos escoamentos (Canholi, 2014).

Esta solução difere dos outros sistemas uma vez que apresenta um órgão de drenagem concebido para, através da infiltração, filtração ou armazenamento temporário das águas, possibilitar a diminuição da carga poluente das escorrências.

A sua aplicação é, maioritariamente, em zonas adjacentes a ruas e estradas ou junto a áreas de estacionamento, permitindo, simultaneamente, a criação de ambientes verdes, mais harmoniosos e integrados com o ambiente urbano. A sua implementação pode resultar ainda na formação de novos espaços de recreação pública, contribuindo fortemente para a melhoria das condições de conforto das populações.

Para além de todas as potencialidades paisagísticas e de valorização dos espaços, este mecanismo oferece ainda a vantagem de ser de baixo custo, transformando-se, por isso, numa solução extremamente rentável.



Figura 23: Vala de infiltração relevada integrada num espaço verde.

(Adaptado de Geowater, 2009)

Regista, porém, alguns inconvenientes e constrangimentos que devem ser tidos em conta. Mecanismos deste género não dispensam uma manutenção regular das condições hidráulicas de escoamento, de forma a evitar riscos de colmatção, bem como uma cuidada seleção das espécies que compõem a cobertura vegetal. Sendo uma camada fundamental para o desempenho de todo o sistema, é necessário ter uma atenção redobrada na sua implantação, evitando espécies de plantas de folha caduca, a fim de se minimizar o surgimento de obstruções de eventuais dispositivos de regularização de caudais.

Ao mesmo tempo, considerando a poluição das águas que a este sistema afluem, é necessário ter atenção no que concerne ao controlo de contaminação das águas subterrâneas, sendo mesmo necessário, em certos casos, a instalação de dispositivos de tratamento.

3.4 Custos Referentes às Escorrências Rodoviárias

Quando se analisa os custos referentes às escorrências rodoviárias, é habitual fazer-se uma divisão em dois grandes grupos: custos imputados à sociedade no caso de não aplicação de sistemas de tratamento e custos associados à implementação de soluções de restituição da qualidade das águas.

3.4.1 Custos Associados ao não Tratamento das Escorrências

Não se procedendo ao tratamento das escorrências, os impactos resultam em efeitos muito diversos na sociedade. Os custos não são só financeiros e económicos, mas também sociais, ambientais e culturais, acabando por afetar diferentes setores de atividade (EPA, 2015).

O turismo e a recreação ganham um lugar de destaque. O não tratamento das escorrências rodoviárias acaba por, invariavelmente, poluir não só os rios, lagos e restantes cursos de água situados na envolvente, mas também a costa litoral, restringindo, fortemente, o uso desses espaços para lazer e afetando, de uma forma significativa, a economia das regiões.

Um dos casos mais conhecidos em que o não tratamento das águas de escorrência resultou em prejuízos muito avultados para a comunidade aconteceu em 2009, no Grand Lake St. Marys, no Estado de Ohio, nos Estados Unidos da América. Fruto das descargas constantes de águas de escorrência, o lago atingiu níveis elevados de toxinas, obrigando à proibição, temporária, do seu uso como recreação. Estudos posteriores levados a cabo por Davenport e Drake (2011) estimaram que a economia e os negócios situados na envolvente do lago sofreram perdas avaliadas entre 35 e 44 milhões de euros.

Outro dos efeitos diretos de grande impacto nas comunidades prende-se com a economia piscatória.

Jin *et al.* (2008) documentaram os impactos sentidos, em 2005, no comércio do marisco na região de Nova Inglaterra, nos Estados Unidos da América, quando foi atingida por uma vaga de poluentes resultantes de escorrências dos mais diversos setores de atividade. Os impactos globais estimados atingiram valores na ordem dos 2,5 milhões de euros resultantes da obrigatoriedade de terem de suspender a atividade durante mais de um mês.

Noutro âmbito, o não tratamento das escorrências resulta, grande parte das vezes, em efeitos negativos no valor das propriedades envolventes das linhas de água.

Estudos levados a cabo ao longo das últimas décadas, em diferentes estados dos Estados Unidos da América, concluíram que o preço de imóveis junto a linhas de água é fortemente afetado pela qualidade das mesmas. Segundo trabalhos realizados por Boyle *et al.* (1998) e por Michael *et al.* (2000) no Estado de Maine, nos Estados Unidos, alterações no nível de turbulência da água podem resultar em variações de mais de 10% no valor das propriedades situadas na envolvente de determinados lagos e linhas de água.

Paralelamente a estes impactos, verifica-se ainda um outro de enorme importância para o bem-estar das populações, que se prende com os efeitos que estas águas contaminadas apresentam na saúde pública. Problemas de saúde decorrentes do contacto com estas águas são muito comuns, acarretando perdas, quer ao nível da qualidade de vida, quer em termos económicos.

Hoagland *et al.* (2009) analisaram, numa região do Estado da Florida, nos Estados Unidos da América, o custo que os problemas de saúde resultantes do contacto com águas contaminadas apresentavam anualmente, tendo chegado a valores, em certos casos, superiores a 100 000 euros.

Por fim, importa sublinhar o aumento dos custos relativos ao tratamento da água para consumo, uma vez que as escorrências acabam, muitas vezes, por contaminar as linhas de água onde estão inseridas as estações, fazendo disparar o custo de tratamento. Estudos levados a cabo por Drake e Davenport (2011) e The Cadmus Group Inc. (2014) estimaram aumentos na ordem dos milhões de euros, sendo que, em certos casos, foi necessário proceder à reestruturação das estações, com impactos de, aproximadamente, 70 milhões de euros.

3.4.2 Custos Associados a Sistemas de Tratamento das Escorrências

Se até este ponto os custos referidos são todos eles resultantes da não aplicação de sistemas que visam a melhoria da qualidade das águas de escorrência, a verdade é que o seu tratamento também apresenta custos que devem ser motivo de análise.

Os custos referentes à implementação de soluções de gestão são definidos em função de dois grandes critérios: as necessidades do tipo de sistema a instalar e as características da zona em causa.

O primeiro fator a ter em consideração prende-se com o volume de água a tratar. Para cada sistema, existem variações significativas dos custos em função do volume de escorrência a tratar, pelo que há soluções que apresentam maior eficiência para caudais mais elevados e outras que são economicamente mais vantajosas para volumes mais reduzidos.

Estudos levados a cabo por Brown e Schueler (1997), ASCE (2004) e Caltrans (2004) demonstraram, por exemplo, no que às bacias de retenção diz respeito, que os custos reduzem em função do aumento de caudal a tratar. A figura 24 representa, graficamente, isso mesmo:

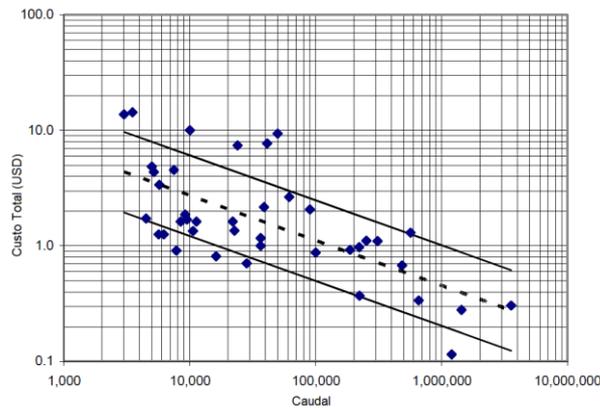


Figura 24: Custo total de uma bacia de retenção, em função do caudal total a tratar.

(Adaptado de Brown and Schueler, 1997, ASCE, 2004, e Caltrans, 2004)

Por outro lado, quando analisaram biofiltros, Brown e Schueler (1997) e Caltrans (2004) encontraram um cenário distinto. Estudos levados a cabo em três regiões distintas concluíram que os custos totais aumentam, ligeiramente, quanto maior for o caudal a ser tratado.

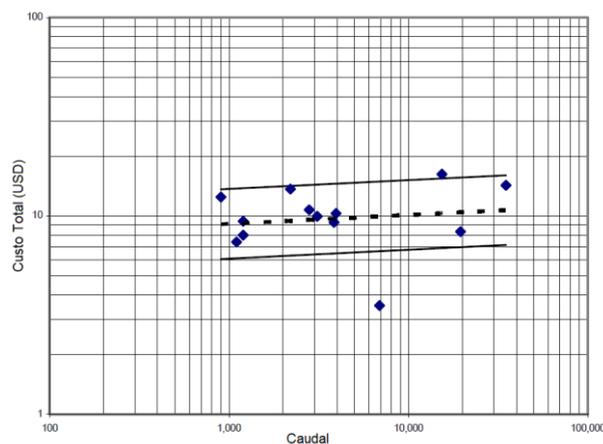


Figura 25: Custo total, num biofiltro, em função do caudal total a tratar.

(Adaptado de Brown e Schueler, 1997, e Caltrans, 2004)

Nesse sentido, fazer uma análise global das intensidades e do tipo de precipitação sentido – isto é, se são chuvadas de baixa intensidade, mas prolongadas no tempo, ou se são valores muito elevados num curto período –, da área de drenagem em causa ou até mesmo da topografia da região é fundamental para a escolha da solução mais adequada, que permita maximizar as vantagens e minimizar ao máximo os aspetos negativos.

Outro ponto a ter em consideração, quando se analisa o custo das soluções a implementar, prende-se com a área necessária para a implantação do sistema escolhido e, conseqüentemente, com o terreno disponível e o respetivo custo por metro quadrado.

Em áreas urbanas, os terrenos ganham um grande destaque no preço total de sistemas de tratamento. No entanto, em zonas mais rurais, o seu peso cai significativamente.

Dado o potencial de variabilidade de custos neste ponto, deve ser sempre efetuada uma análise, caso a caso. Por exemplo, soluções como bacias de retenção, que envolvem áreas de terreno muito significativas, não serão, à partida, as melhores opções para zonas urbanas onde o preço do metro quadrado é elevado. Por outro lado, poderão ser os sistemas mais indicados para áreas rurais, face ao baixo custo de construção, aliado ao preço reduzido dos terrenos (Weiss, 2007).

Um outro aspeto que é de enorme importância nestas análises relaciona-se com o custo de implantação, bem como de operação e de manutenção dos sistemas.

Cada uma destas três fases envolve custos, pelo que se deve ter em conta o tipo de investimento e funcionamento que se pretende desenvolver, ao longo do período de vida da estrutura.

Existem sistemas que, apresentando um custo inicial mais elevado, possibilitam poupanças significativas durante o seu período de vida, através de um custo reduzido de operação e de manutenção. Outros sistemas, porém, apesar de apresentarem um custo inicial mais baixo, necessitam de cuidados mais regulares, revelando-se, assim, mais dispendiosos no que diz respeito à operação e manutenção.

Estudos levados a cabo pela USEPA (1999) permitiram estimar os custos de operação e de manutenção relativos a diversos sistemas de gestão e de tratamento das águas pluviais e de escorrência.

A figura 26 diz respeito aos resultados obtidos:

Best management practices	Summary of typical annual O and M costs (% of construction cost) ^a	Collected cost data: estimated annual O and M costs (% of construction cost)
Retention basins and constructed wetlands	3–6%	—
Detention basins	<1%	1.8–2.7%
Constructed wetlands	2%	4–14.1%
Infiltration trench	5–20%	5.1–126%
Infiltration basin	1–3%, 5–10%	2.8–4.9%
Sand filters	11–13%	0.9–9.5%
Swales	5–7%	4.0–178%
Bioretention	5–7%	0.7–10.9%
Filter strips	\$320/acre (maintained)	—
wet basins	Not reported	1.9–10.2%

Figura 26: Custos de operação e de manutenção de diversos sistemas de tratamento de águas pluviais.

(Adaptado de USEPA, 1999)

Ainda neste ponto, estudos realizados por Landphair *et al.* (2000) e Wossink e Hunt (2003) demonstraram também que, na grande maioria das soluções de gestão, quanto maior for o custo total da construção, menor é o peso dos custos de operação e de manutenção.

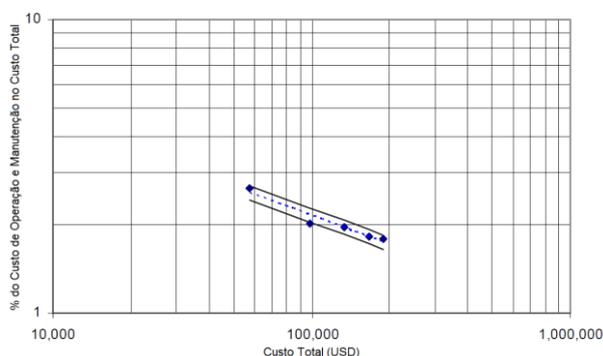


Figura 27: Percentagem do custo de operação e de manutenção em função do custo total, numa bacia de retenção.

(Adaptado de Landphair *et al.*, 2000)

Por fim, importa referir um aspeto que deve sempre ser tido em consideração aquando do estudo e análise de implementação de sistemas de tratamento: o nível de eficiência desejado (Weiss, 2005).

Diferentes sistemas apresentam capacidades distintas de remoção de agentes contaminadores. De facto, um sistema pode estar configurado para uma remoção mais ou menos eficiente dos diferentes agentes poluentes. Consequentemente, uma maior eficiência está, quase sempre, associada a custos de operação mais elevados.

Assim, para cada tipo específico de escorrência, deve ser escolhido o sistema que, conjugando todos os critérios supracitados, apresente a melhor relação custo – eficiência pretendida.

Capítulo 4:

ANÁLISE DO IMPACTO DAS ESCORRÊNCIAS RODOVIÁRIAS

4.1 Introdução

O impacto das escorrências rodoviárias, sobre a qualidade do meio ambiente, e potencialmente sobre a qualidade de vida dos cidadãos é, de acordo com a análise realizada, muito significativo.

A definição de opções e de estratégias de atuação relativamente a este tipo de águas é, por isso, uma necessidade clara e imediata.

Se, por um lado, o seu tratamento tem impactos diretos a nível económico e financeiro, social e ambiental, a verdade é que a não aplicação de medidas que visem a mitigação destes efeitos também apresenta custos para as populações.

Nesse sentido, a opção por uma estratégia em detrimento de outra implica, inevitavelmente, a necessidade de fazer escolhas, tomar opções e abdicar de certos recursos em favor de outros.

Desta forma, a análise das preferências dos cidadãos em relação ao bem comum poderá fornecer informação de enorme relevância para a decisão pública relativamente não só à escolha de intervenção ou não, bem como à escolha da forma de intervenção.

As políticas que promovem a melhoria das características das escorrências rodoviárias exigem e mobilizam esforços da parte de todos, sendo, por isso, crucial perceber, por um lado, qual o grau de familiaridade dos cidadãos em geral com o problema, de que forma o percebem e quais as suas preferências relativamente às formas e grau de intervenção.

Considerando que as escorrências são uma externalidade ambiental com enorme impacto na vida das pessoas, procedeu-se à realização de um inquérito, tendo como objetivo primordial estimar qual o valor que as populações estão dispostas a pagar para a promoção de ações que visem a mitigação dos efeitos das escorrências rodoviárias nas autoestradas.

A opção pelas autoestradas em específico prende-se com diversos fatores, nomeadamente, o facto de serem troços onde já existe um custo indexado ao seu uso, praticamente toda a rede estar concessionada e a ser gerida por um grupo de empresas claramente identificadas e por se assumirem como vias de comunicação de enorme volume de tráfego e de grande extensão.

Neste contexto, entende-se que a aplicação de medidas e de soluções que visem a melhoria da qualidade das escorrências rodoviárias é, numa primeira fase, mais fácil de concretizar em autoestradas do que noutras vias de comunicação, ao mesmo tempo que apresenta nas regiões envolventes um grande impacto no ambiente e nas linhas de água.

É também objetivo perceber qual a perceção da comunidade relativamente à questão da sustentabilidade, com especial enfoque na área ambiental, e ter uma noção mais clara sobre a forma de atuação que as pessoas identificam como sendo a mais correta a adotar.

O inquérito foi aplicado via *online*, entre os dias 23 de fevereiro e 10 de março de 2017, tendo contado com a participação de 1192 pessoas.

A dispersão geográfica foi de âmbito nacional. As regiões autónomas dos Açores e da Madeira ficaram fora do âmbito de análise uma vez que apresentam características globais distintas das encontradas no Continente, pelo que este inquérito não se lhes aplica.

Entrou-se em contacto, por correio eletrónico, com diversas instituições e plataformas nacionais, solicitando-lhes que, através dos seus canais de distribuição, divulgassem o inquérito e apelassem ao seu preenchimento:

- Universidades – As instituições contactadas foram as 10 universidades com maior população, a saber: Universidade do Porto, Universidade do Minho, Universidade de Aveiro, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Universidade de Coimbra, Universidade de Lisboa, Universidade Nova de Lisboa, Universidade da Beira Interior, Universidade de Évora e Universidade do Algarve.
- Câmaras Municipais – Todos os 308 municípios do país.
- Associação Nacional de Municípios Portugueses (ANMP).

- Comunidades Intermunicipais, Áreas Metropolitanas e Associações de Municípios – As instituições contactadas foram as seguintes: Área Metropolitana de Lisboa, Área Metropolitana do Porto, Comunidade Intermunicipal do Algarve, Comunidade Intermunicipal do Alentejo Central, Comunidade Intermunicipal do Alentejo Litoral, Comunidade Intermunicipal do Alto Alentejo, Comunidade Intermunicipal do Baixo Alentejo, Comunidade Intermunicipal da Lezíria do Tejo, Comunidade Intermunicipal do Médio Tejo, Comunidade Intermunicipal do Oeste, Comunidade Intermunicipal da Região de Leiria, Comunidade Intermunicipal da Região de Coimbra, Comunidade Intermunicipal da Região de Aveiro, Comunidade Intermunicipal da Beira Baixa, Comunidade Intermunicipal das Beiras e Serra da Estrela, Comunidade Intermunicipal Viseu Dão Lafões, Comunidade Intermunicipal do Douro, Comunidade Intermunicipal do Alto Tâmega, Comunidade Intermunicipal do Tâmega e Sousa, Comunidade Intermunicipal das Terras de Trás-os-Montes, Comunidade Intermunicipal do Ave, Comunidade Intermunicipal do Cávado e Comunidade Intermunicipal do Alto Minho.
- Automóvel Club de Portugal (ACP).
- Associação Portuguesa de Engenharia Sanitária e Ambiental (APESB).
- Concessionários de autoestradas, EP – Estradas de Portugal e Via Verde.
- Associação Portuguesa das Sociedades Concessionárias de Autoestradas ou Pontes com Portagens (APCAP).
- Associação Portuguesa para a Defesa do Consumidor (Deco).

O questionário apresenta-se estruturado de forma a ser possível tirar conclusões relativamente à forma como as pessoas percecionam a problemática das escorrências rodoviárias e, ao mesmo tempo, perceber de que modo os inquiridos pretendem que esta temática seja tratada por parte da sociedade em geral.

Numa primeira fase do inquérito, as perguntas têm como grande objetivo perceber qual a sensibilidade dos inquiridos para questões relacionadas com o desenvolvimento sustentável.

Numa segunda fase, as questões centram-se no foco de estudo principal, nomeadamente, questões relativas à perceção da sociedade quanto à importância das escorrências rodoviárias. Ainda neste ponto, apresenta-se um conjunto de perguntas orientadas para a caracterização da mobilidade das pessoas e para o registo da perceção de cada um dos inquiridos em relação ao valor que estaria disposto a pagar

para que, no caso concreto das escorrências rodoviárias em autoestradas, sejam implementados sistemas e soluções que promovam a melhoria da qualidade destas águas.

Concluída esta etapa, as questões voltam a assumir um contexto mais geral, tendo como objetivo perspetivar o futuro e perceber qual a opinião das pessoas sobre os caminhos e estratégias que devem ser adotados, de forma a promover e fomentar o desenvolvimento sustentável.

O inquérito termina com um último grupo de perguntas de caracterização dos participantes no que diz respeito à sua idade, sexo, habilitações literárias e rendimento líquido.

Para além de facultar informação sobre as perceções das pessoas, o inquérito torna também possível sustentar e fundamentar decisões futuras, contribuindo, assim, para a definição de estratégias equilibradas de crescimento económico, ambiental e social, em sintonia com a vontade expressa pela comunidade.

Por último, importa referir que, por questões de validação do inquérito, na fase prévia foi realizado um teste-piloto, abrangendo uma amostra de 50 pessoas. Neste processo, foi acrescentado um último grupo de perguntas, em que se solicitava a cada inquirido que desse uma avaliação global do questionário e identificasse possíveis incorreções ou problemas merecedores de aperfeiçoamento.

4.2 Método de Valoração Contingente

Desde que o desenvolvimento sustentável se tornou um referencial a ser perseguido pelos políticos e decisores públicos, as ações que conciliam a preservação dos ecossistemas e a geração de receitas e de rendimentos intensificaram-se (Serra *et al.*, 2004).

Com a incorporação da dimensão ambiental na análise económica, iniciaram-se também os estudos sobre a valoração monetária dos impactos produzidos pelo ser humano sobre o meio ambiente. Na realidade, apesar de o problema das externalidades ambientais não ser uma novidade em economia, as tentativas de mensurar monetariamente os custos e os benefícios dos impactos ambientais são relativamente recentes (Vieira *et al.*, 2012).

De facto, apesar de, muitas vezes, não se encontrarem definidos preços relativos aos mais diversos impactos ambientais, não significa que estes não tenham valor, podendo ser estimados usando diversas metodologias (Botelho *et al.*, 2015).

Os estudos nesta área intensificaram-se ao longo dos anos, tendo sido desenvolvidos diversos métodos com o intuito de estimar valores para os ativos ambientais e para os bens e serviços por eles gerados.

Fruto da evolução da sociedade, a partir de 1960, os modelos económicos começaram a incorporar a vertente ambiental nos seus problemas teóricos, com o propósito de promover a utilização dos recursos da natureza de maneira mais racional (Serra *et al.*, 2004).

Neste ponto, a teoria neoclássica destacou-se, passando a ter em consideração a racionalidade do consumidor, no sentido de maximizar a utilidade proporcionada pelo consumo de bens ou serviços. Isto significa que, tendo por base diferentes conjuntos de bens e serviços existentes no mercado, o consumidor é capaz de compará-los e de ordená-los conforme a sua preferência e as restrições do seu rendimento em função dos preços dos itens que compõem cada um dos conjuntos.

Estas preferências podem ser expressas por uma *função utilidade*:

$$U = U(X, Q, T)$$

Onde:

- X é um vetor de quantidades de bens de mercado;
- Q é um vetor de bens públicos e ambientais;

- T é um vetor de tempo gasto nas várias atividades geradoras de utilidade para o indivíduo (Freeman III, 1993).

Desta forma, a valoração de bens de não mercado, inclusive os ambientais, pode ser realizada com base nas preferências individuais (Nogueira *et al.*, 2000). Diante da possibilidade de mudança na qualidade ou ajustes na quantidade consumida dos recursos ou bens ambientais, as preferências individuais são traduzidas em medidas de bem-estar, podendo ser interpretadas como a disposição do indivíduo a pagar por uma melhoria ou incremento do bem que está a ser valorado, ou a disposição a aceitar pela redução da sua oferta (May, 2010).

De acordo com Freeman III (1993), existem cinco medidas diferentes de bem-estar à luz da teoria económica: excedente do consumidor, variação compensatória, variação equivalente, excedente compensatório e excedente equivalente.

Segundo Hanley *et al.* (1993), a primeira destas medidas foi proposta inicialmente, em 1844, pelo engenheiro e economista francês Jules Dupuit, no seu trabalho *On the Measurement of the Utility of Public Works*. Para Dupuit, o excedente do consumidor é dado pela diferença entre o preço que ele paga por um determinado produto e o preço que estaria disposto a pagar por esse mesmo produto. Tal diferença corresponde ao benefício líquido auferido por cada indivíduo e é utilizada para medir as variações de bem-estar para cada unidade adicional consumida do bem ou serviço.

Quase um século depois, na década de 40 do século XX, John Richard Hicks apresentou as outras quatro medidas de bem-estar, por meio de artigos publicados no *Review of Economic Studies*: variação compensatória, variação equivalente, excedente compensatório e excedente equivalente. As duas medidas de variação são aplicadas em casos onde os consumidores são livres para ajustar as quantidades em função das mudanças de preços. Já as medidas de excedente são indicadas nas situações em que as quantidades consumidas permanecem constantes (Hanley *et al.*, 1993).

Assim, a variação compensatória pode ser entendida como o montante que resulta de um aumento ou diminuição do rendimento do consumidor, num novo nível de preços, com o objetivo de medir a diferença entre as curvas de iso-utilidade. Esse montante acrescentado ou retirado do rendimento do consumidor representa uma compensação para que o indivíduo se torne indiferente à alteração de preços, mantendo o mesmo nível de satisfação em qualquer das duas situações. Segundo Lee (1998), esta medida pode ser interpretada como a quantidade máxima que o indivíduo estaria disposto a pagar pela oportunidade de consumo de um determinado bem ou serviço, diante de um novo conjunto de preços.

Por sua vez, a variação equivalente refere-se à mudança no nível dos preços iniciais, tratando-se da diferença entre as curvas de iso-utilidade (Bacon, 1995). Para Lee (1998), esta variação pode ser compreendida como o montante mínimo que o indivíduo aceita receber para se privar da oportunidade de consumir determinado produto. Desta forma, no caso de um aumento de preços, a medida corresponde à quantidade máxima a pagar pelo consumidor para evitar essa mudança.

Quanto às duas medidas de excedente – excedente compensatório e excedente equivalente –, a definição é idêntica, pelo que, neste caso, é necessário que o produto seja indivisível no seu consumo e que as quantidades consumidas sejam discretas (Nogueira *et al.*, 2000). Tais medidas adequam-se ao caso dos bens públicos, em que os indivíduos não têm como ajustar as quantidades consumidas.

Assim, como os bens ambientais estão disponíveis em quantidades fixas, estas medidas são as mais indicadas. No entanto, apesar da respetiva fundamentação teórica ser bastante consistente, existem alguns problemas em relação às suas aplicações particulares, pelo fato de nenhuma delas ser observável a partir dos dados de mercado.

Na busca de respostas às necessidades da sociedade e das diferentes economias, durante as últimas décadas foram inúmeros os estudos e métodos desenvolvidos com o objetivo de tentar avaliar a percepção dos indivíduos relativamente às questões ambientais, possibilitando a incorporação das mesmas nos modelos de crescimento das regiões.

Utilizando, na grande maioria dos casos, o valor monetário como forma de medir os impactos ambientais, estes métodos possibilitam à população e decisores públicos a realização de comparações e de análises dos diferentes efeitos resultantes de determinada ação (Botelho *et al.*, 2015), revestindo-se, por isso, de enorme importância para a sociedade.

Neste contexto, o método de valoração contingente – MVC – destaca-se como uma importante ferramenta no que à avaliação e valoração ambiental diz respeito.

Originalmente proposto em 1963, num artigo escrito por Robert Davis, relacionando economia e recreação, este método sofreu, durante as décadas de 70 e 80 do século passado, um grande desenvolvimento quer a nível teórico quer empírico, passando a ser bastante utilizados pelos economistas (Hanley *et al.*, 1993).

No seguimento dos avanços verificados na economia neoclássica, baseiam-se no princípio-base de que as pessoas têm diferentes graus de preferências para os mais diversos tipos de bens e serviços e que isso se manifesta quando vão ao mercado e pagam quantias específicas por eles (Garrod *et al.*, 2000).

O MVC é uma das poucas ferramentas amplamente aplicadas na ausência de mercados (Hufschmidt *et al.*, 1983), fazendo uso de mercados hipotéticos para estimar quanto os consumidores estariam dispostos a pagar ou a receber em termos monetários para manter os fluxos de bens e de serviços ambientais, sendo utilizada, frequentemente, desde 1990, pelo sistema jurídico norte-americano para o cálculo de indenizações (Carlo, 1999).

O MVC assume uma dada distribuição dos direitos de propriedade. Se determinado indivíduo não detém o direito sobre determinado bem, a sua medida de utilidade é o valor máximo que estaria disposto a pagar para o adquirir. Por outro lado, se o indivíduo detém determinado bem, torna-se relevante perceber qual a compensação mínima a partir da qual aceitará ceder (Garrod *et al.*, 2000).

A operacionalização destes métodos acontece através da aplicação de questionários cuidadosamente elaborados, de maneira a obter das pessoas os seus valores referentes à sua disposição a pagar ou a receber (Pearce, 1992).

Para isso, recorre-se a diferentes técnicas. Não apresentando um caminho único para as estimativas de determinado recurso ou ação no meio ambiente, a metodologia a adotar pode variar de acordo com o formato dos questionários.

O MVC elicia o valor que os inquiridos estão dispostos a pagar ou a receber como compensação pela alteração ambiental proposta. O formato da questão de eliciação pode ser o *open-ended*, *bidding game* e os cartões de pagamento.

No que diz respeito ao formato *open-ended*, apresenta-se como o mais simples e propõe captar o valor económico pelo bem ou serviço ambiental perguntando diretamente ao indivíduo algo como: “Qual seria a sua disposição máxima a pagar para eliminar um determinado dano ambiental?”. O valor que o indivíduo estaria, disposto a pagar por determinada externalidade pode ser interpretado como um excedente compensatório. Assim, através das múltiplas respostas dos inquiridos e relacionando isso com variáveis socioeconómicas, como rendimentos, habilitações literárias, entre outras, torna-se possível estimar o benefício retirado pelo indivíduo da mudança ambiental em questão (Belluzo, 1999).

Quanto ao formato de *bidding game*, foi introduzido por Davis, nos anos 60. A base desta técnica passa por criar um conjunto de valores e negociá-los com os inquiridos, de forma a estimar a disposição máxima a pagar pelo bem em questão. Apresenta-se, primeiramente, um valor mediano e questiona-se se estaria disposto a pagar determinada quantia pela preservação ou promoção de determinada melhoria ambiental. Caso responda afirmativamente, o valor é aumentado até ao ponto em que se obtém uma

resposta negativa, sendo o último valor com resposta positiva a disposição máxima a pagar. Pelo contrário, se o primeiro valor apresentado ao indivíduo gerar uma resposta negativa, são apresentados novos valores sucessivamente inferiores, até se obter uma resposta positiva. Este último valor será considerado a disposição máxima a pagar (Lee, 1998).

Por último, o formato de cartões de pagamento, desenvolvido por Mitchell *et al.* (1989), tem como grande diferença o facto de serem apresentados diferentes valores aos inquiridos, solicitando-se-lhes que escolham aquele que representa a sua disposição máxima a pagar.

Neste caso, a interpretação dos resultados é igual à utilizada para os formatos *open-ended* e *bidding game*. No entanto, o ganho que se verifica na utilização desta técnica passa pela não apresentação de um valor como ponto de partida, possibilitando, assim, que os inquiridos não sejam influenciados pelo primeiro valor (Kerr, 2000).

A aplicação do MVC requer também a escolha do formato de eliciação. De entre múltiplas variações existentes, destaca-se o modelo *referendum* e o modelo *referendum com follow-up*.

Relativamente ao primeiro, *referendum*, foi introduzido por Bishop *et al.* (1979), sendo que o modelo se inicia com a criação de um conjunto de valores possíveis que pode representar a disposição máxima do indivíduo a pagar. Deste conjunto de valores, o entrevistador escolhe, de forma aleatória, um valor e apresenta-o ao entrevistado com uma pergunta do tipo: “Estaria disposto a pagar X euros para obter uma melhoria na qualidade ambiental?”. Surge, assim, um conjunto de respostas binárias – sim ou não.

Quanto ao *referendum com follow-up*, foi introduzido por Carson *et al.* (1986) e tem como principal foco a melhoria do procedimento anterior, oferecendo um segundo valor. Esta derivação, apesar de oferecer um certo ganho em termos de eficiência, apresenta os mesmos problemas do *referendum* tradicional, uma vez que continuamos a obter uma resposta pura e simplesmente binária.

Apesar de largamente aplicado, o MVC requer na sua aplicação alguns cuidados para minorar desvios usualmente designados de enviesamentos. Mitchell *et al.* (1989) destacam quatro grandes fontes de enviesamentos intrínsecos ao método.

O primeiro, diz respeito ao facto de o pagamento ser hipotético e como tal poder estar sujeito a comportamentos estratégicos. De entre os comportamentos estratégicos podem destacar-se: o *yea-saying*, que ocorre quando o indivíduo questionado responde um valor diferente daquela que seria a sua verdadeira percepção, com o intuito de agradar ao entrevistador ou, pelo menos, não causar má impressão com a sua conduta; o *free-riding*: tratando-se de bens públicos os indivíduos podem revelar uma

disponibilidade a pagar menor, uma vez que se o bem é produzido/oferecido todos poderão usufruir dele independentemente do pagamento; ou, o inquirido pode revelar um valor diferente da sua verdadeira disponibilidade a pagar para influenciar a decisão pública no sentido da provisão ou não do bem (Hanneman, 1994).

No que diz respeito à segunda fonte de enviesamentos, resulta da influência dos resultados por via da apresentação do primeiro valor ao entrevistado, *anchoring effect*. Muito frequente no modelo *bidding game*, este viés ocorre quando o instrumento de pesquisa apresenta informações sobre outros bens públicos ou privados, influenciando as respostas dos indivíduos e podendo gerar respostas diferentes daquelas que seriam obtidas, caso o inquirido não recebesse essas informações.

Quanto à terceira categoria, refere-se a especificações incompletas ou incorretas do cenário, originando interpretações erradas do problema. Neste âmbito, podem surgir diferentes tipos de enviesamentos, dependendo da forma como os cenários são apresentados nos questionários. Este enviesamento designa-se como enviesamento hipotético decorrente do cenário.

Por último, a quarta fonte de enviesamentos prende-se com erros na definição da população ou da seleção da amostra, seja quando a população identificada não representa adequadamente a população beneficiada ou afetada pela externalidade, seja quando a amostra selecionada não representa adequadamente as características da população a ser considerada.

Analisando os principais enviesamentos verificados aquando da utilização do MVC, torna-se claro que a forma como é estruturado e executado o inquérito é condição basilar para que os resultados sejam fidedignos (Vieira *et al.*, 2012).

Nesse sentido, tendo como referência a metodologia proposta por Garrod *et al.* (2000), os passos adotados na elaboração do inquérito em estudo foram os seguintes:

- Criação de um mercado hipotético onde se apresenta o cenário em estudo, nomeadamente, os impactos e a relevância do bem em causa – a água, as escorrências rodoviárias e a sua relação com o ambiente e o desenvolvimento sustentável;
- Definição da forma como este bem se pode relacionar com os inquiridos, isto é, de que modo é que pagam ou recebem em função das opções tomadas – neste caso, através de um aumento do valor da portagem;

- Definição do público-alvo do inquérito e respetiva forma de divulgação. Dada a globalidade do estudo, considerou-se todas as regiões e comunidades, tendo a sua divulgação sido realizada via *online*;
- Definição do modelo de questionário. Para a pergunta referente à valoração do recurso, optou-se por recorrer à utilização de métodos diretos com enfoque no modelo de cartões de pagamento, apresentando um conjunto de intervalos de valores e solicitando ao inquirido a escolha do intervalo referente a quanto estava disposto a pagar;
- Definição das outras secções do questionário, de forma a poder ser feita, posteriormente, uma análise alargada, relacionando as várias questões entre si e aferindo no que toca à sua validade;
- Definição do tamanho da amostra, apontando-se para um valor médio de, sensivelmente, 1000 inquiridos.

Depois da elaboração e execução do inquérito, procedeu-se à análise dos resultados, num processo que incluiu três grandes fases:

- Análise dos resultados no que diz respeito ao valor a pagar pelos inquiridos, de forma a perceber, globalmente, qual a valoração que a população atribui a este recurso e à sua preservação;
- Comparação das respostas entre si, de forma a ser possível encontrar padrões e extrair conclusões que validem todos os resultados;
- Comparação dos resultados obtidos na prática com os expectáveis em termos teóricos (Garrod *et al.*, 2000).

Com base nesta metodologia, espera-se mitigar ao máximo o impacto dos principais enviesamentos e potenciar ao máximo todas as vantagens decorrentes da utilização do MVC, a fim de que as conclusões daqui extraídas sejam as mais fidedignas possível.

Embora estas metodologias já sejam reconhecidas e utilizadas em alguns países como os Estados Unidos da América, na Europa e em Portugal ainda não lhes é atribuída a importância devida. A verdade, porém, é que se trata de uma aposta cada vez mais prioritária, sendo urgente que os decisores políticos reconheçam e certifiquem métodos para a estimação de danos e externalidades resultantes das mais diversas ações, de forma a salvaguardar os direitos das pessoas afetadas, compensando-as na mesma medida (Pinto *et al.*, 2004).

Espera-se que este trabalho dê um contributo para a sensibilização dos decisores e da sociedade em geral.

4.3 Definição e Apresentação do Inquérito

Em áreas e setores de atividade onde as ações e medidas tomadas apresentam uma relação direta com o dia a dia das pessoas, os inquéritos constituem elementos de análise de enorme importância.

Através deles, é possível avaliar a percepção da comunidade relativamente aos mais diversos assuntos e, assim, definir estratégias de atuação que conjuguem as necessidades económicas, sociais e ambientais com as visões e desejos das populações.

Neste contexto, tornou-se claro, no decorrer do trabalho, que este seria o melhor método a utilizar, de forma a poder-se atingir os objetivos propostos.

Sendo os pontos principais do inquérito o estudo e a avaliação da forma como as populações encaram as escorrências rodoviárias, quanto estão dispostas a pagar para a mitigação dos seus efeitos e de que modo pretendem que os seus efeitos sejam enfrentados, estruturou-se um conjunto de questões que permitiu fazer uma análise integrada e holística do problema.

Desta forma, o inquérito – apresentado no *Anexo A* – divide-se em seis partes distintas.

Primeira Parte

A primeira parte é composta por três questões e está estruturada para se perceber, de uma forma global, a maneira como cada um dos inquiridos olha para o estado atual da sociedade em termos de sustentabilidade e qual o impacto que as condições ambientais aparentam ter na sua qualidade de vida.

As duas primeiras foram estruturadas para responder numa escala de importância. A terceira é uma *pergunta-teste* de resposta binária – sim ou não – e refere-se a uma rotina ambiental, permitindo, ainda que de forma indireta e muito redutora, traçar o perfil do inquirido no que às questões ambientais diz respeito.

Eis as perguntas:

- Como avalia os comportamentos e ações sustentáveis que a sociedade portuguesa apresenta nos dias de hoje?
- Qual o impacto que as condições ambientais sentidas e vivenciadas no seu dia a dia têm na sua qualidade de vida?
- No seu dia a dia, faz separação seletiva do lixo em casa?

Segunda Parte

A fase seguinte muda o foco para as escorrências rodoviárias e tem como objetivo analisar a percepção das pessoas relativamente a esta temática.

Das três perguntas, duas estão estruturadas para uma resposta numa escala de importância – permitindo avaliar a percepção das pessoas relativamente ao impacto do trânsito rodoviário, quer na qualidade do ambiente, quer nas águas situadas nas zonas envolventes – e a outra numa escala binária, questionando os inquiridos se estão ou não familiarizados com o conceito de “escorrências rodoviárias”.

As perguntas em causa são as seguintes:

- Como avalia o nível do impacto do trânsito rodoviário na qualidade do ambiente?
- No seu entender, qual o impacto que o trânsito rodoviário apresenta na qualidade da água nas zonas envolventes?
- Está familiarizado com o termo “escorrências rodoviárias”?

Estas duas partes dizem respeito a um enquadramento, avaliando, numa primeira instância, a percepção das pessoas em relação à importância dada a questões ambientais e, numa segunda fase e de uma forma mais específica, em relação à problemática das escorrências rodoviárias.

Terceira Parte

Realizada a contextualização, procede-se à análise das escorrências rodoviárias como externalidade ambiental, tendo como objetivo apurar até quanto estão as pessoas dispostas a pagar em prol da melhoria destas águas e, conseqüentemente, do ambiente.

Neste sentido, o primeiro passo foi levar a cabo a caracterização do tipo de mobilidade de cada inquirido, colocando questões quanto ao tipo de deslocação preferencial no seu dia a dia, ao número médio de quilómetros que faz por semana de carro, à frequência com que utiliza autoestradas e ainda qual o gasto, semanal, em portagens.

As perguntas são as seguintes:

- Qual a forma de deslocação que mais utiliza no seu dia a dia?
- Quantos quilómetros faz, por semana, de carro? Se não utiliza carro, responda, por favor, 0 km.
- Com que frequência utiliza autoestradas?

- Quanto gasta, semanalmente, em portagens, nas autoestradas?

As opções apresentadas na pergunta referente ao tipo de mobilidade foram: carro, autocarro, comboio, a pé, de bicicleta e outro.

No que diz respeito às distâncias semanais, acumuladas e realizadas de carro, definiu-se os seguintes intervalos: 0 km para quem não utiliza este meio, menos de 50 km, entre 50 e 199 km, entre 200 e 499 km, entre 500 e 999 km, e 1000 km ou mais.

Relativamente à frequência de utilização, as opções dadas foram: diariamente, 1 a 3 vezes por semana, ocasionalmente, e nunca.

Por fim, em relação aos gastos semanais em portagens, definiu-se os seguintes intervalos de resposta: 0 euros para quem não utiliza autoestradas, menos de 5 euros, entre 5 e 14 euros, entre 15 e 24 euros, entre 25 e 49 euros, e 50 euros ou mais

De referir que as opções dadas foram definidas em função das conclusões que pretendemos extrapolar, permitindo a apresentação de um conjunto de possibilidades amplas e, simultaneamente, de elevado interesse para o estudo.

Quarta Parte

No que diz respeito à quarta fase, depois de uma breve contextualização sobre o que são e quais os impactos que as escorrências rodoviárias têm na sociedade e no ambiente, apresentam-se três questões com o objetivo, por um lado, de recolher a perceção de cada um dos inquiridos relativamente à estratégia que deverá ser adotada no combate aos efeitos das escorrências e, por outro, de perceber quanto é que cada um está disposto a pagar em prol da melhoria destas águas.

As perguntas foram estruturadas da seguinte forma:

- Julga que seria benéfico que se investisse na implementação de sistemas de tratamento das escorrências rodoviárias?
- Acha que os utentes das autoestradas deveriam dar um contributo para a implementação de sistemas de tratamento nestas vias?
- Tendo em conta o seu rendimento líquido mensal e as suas despesas habituais, quanto estaria disposto a contribuir em relação ao preço atual da portagem?

As duas primeiras questões são de resposta binária: sim ou não.

Na terceira, as opções de resposta foram apresentadas sob a forma de intervalos percentuais. Tratando-se de uma das perguntas mais centrais do estudo, a definição dos intervalos resultou da definição e aplicação de uma metodologia com o intuito de fazer uma estimativa dos custos de tratamento das escorrências rodoviárias. O algoritmo desenvolvido foi o seguinte:

- A implementação de um sistema de tratamento de escorrências rodoviárias apresenta dois grandes tipos de custos: os de construção e adaptação da autoestrada ao sistema de tratamento – custo fixo e pontual – e os custos de manutenção – valores anuais e repetitivos.
- Após consulta de vários documentos da especialidade, definiu-se como valor aceitável por cada quilómetro de autoestrada o montante de 350 000 euros para a construção do sistema de tratamento.
- Para a adaptação da rede de drenagem, considerou-se que, em média, o custo ronda os 50% do custo inicial da rede. Assim sendo, e tendo em consideração que uma rede de drenagem para uma autoestrada apresenta, em média, um custo por quilómetro de 60 000 euros, resulta que a adaptação ficará num valor de cerca de 30 000 euros.
- Desta forma, os custos fixos iniciais serão de 380 000 euros por quilómetro.
- É verdade que cada sistema tem uma variância em função das características do local de implementação, mas, fazendo uma ponderação, conclui-se que estes montantes se apresentam como valores médios aceitáveis.
- Relativamente aos custos de manutenção, admitiu-se uma vida útil da estrutura de 10 anos, sendo os custos de manutenção anuais considerados iguais a 10% do custo de construção, isto é, 35 000 euros anuais.
- Convém sublinhar que, dado estarmos a trabalhar com estimativas e valores aproximados, não foi considerado o valor do dinheiro no tempo.
- O custo total ao fim de 10 anos será de, aproximadamente, 730 000 euros. A figura 28 ilustra, na forma gráfica, a evolução dos custos totais, por quilómetro, ao longo do período de vida de 10 anos da infraestrutura:

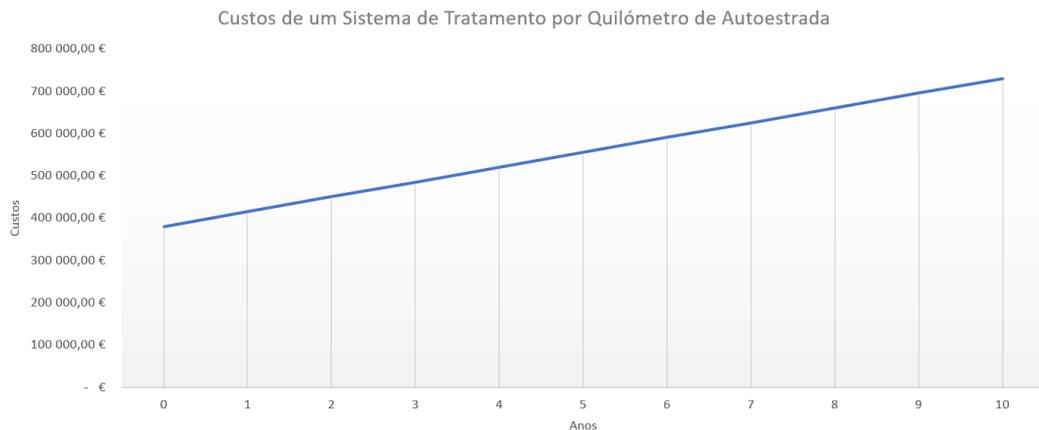


Figura 28: Custo de um sistema de tratamento por quilómetro de autoestrada.

- Tendo estimado qual o valor médio do custo de implantação de um sistema de tratamento, a 10 anos, numa autoestrada, procedeu-se ao cálculo do custo, por quilómetro e por viagem (entenda-se utilizador).
- Assumiu-se que o número mínimo de viagens, por dia, que uma autoestrada deverá apresentar é de 15 000, uma vez que se considera ser este o valor mínimo que justifica a construção de uma autoestrada.
- Assim, ao fim de 10 anos, uma autoestrada deverá apresentar, no mínimo:

$$N^{\circ} \text{Viagens Totais} = 15\,000 \times 365 \times 10 = 54\,750\,000 \text{ viagens}$$

Ora, tendo em consideração que o custo total do sistema de tratamento, ao fim de 10 anos, é de 730 000 euros por quilómetro, o custo por viagem e por quilómetro será de:

$$\text{Custo Total} = \frac{730\,000}{54\,750\,000} \approx 0,0133 \text{ €/km}$$

- Tendo sido estimado o custo de implementação do sistema de tratamento por viagem (entenda-se utilizador) e por quilómetro de autoestrada, procedeu-se à estimativa do custo médio, por viagem e por quilómetro, de uma autoestrada, em Portugal.
- Assim, procedeu-se à análise de todos os troços de autoestrada em Portugal, estabelecendo uma relação entre a distância e o custo da portagem.
- Daqui resultou o custo, por quilómetro, para cada utilizador, em todos os troços de autoestrada do país.
- Neste processo, os custos da portagem considerados foram os referentes à classe automóvel C.1 – motores e veículos ligeiros, com e sem reboque, cuja altura sobre o primeiro eixo é inferior a 1,10 metros.

- Refira-se ainda que todos os cálculos efetuados neste ponto foram realizados com base em dados e informações obtidos na página oficial do ACP – Automóvel Club de Portugal.
- A partir do custo de cada troço de autoestrada, por quilómetro, calculou-se a média, concluindo-se que em Portugal o valor médio a pagar, por utilizador e por cada quilómetro de autoestrada percorrido, é de, aproximadamente, 0,0906 euros.
- Com base neste valor e no custo de implementação de um sistema de tratamento por quilómetro, calculado e apresentado anteriormente, concluiu-se que, no caso de o custo total ser suportado na totalidade pelos utilizadores, resultaria num aumento do preço da portagem de:

$$\Delta_{Média,Portagem} = \frac{0,0133}{0,0906} \times 100 \approx 14,7\%$$

- Com base nesta variação, foi possível definir os intervalos a apresentar na pergunta sobre até quanto o inquirido estaria disposto a contribuir em relação ao preço atual da portagem.
- Os intervalos definidos foram os seguintes: 0%, até 1%, de 1 a 4%, de 5 a 9%, de 10 a 14%, de 15 a 19%, e 20% ou mais.

Quinta Parte

Terminada a análise e avaliação da perceção dos inquiridos relativamente às escorrências rodoviárias, o inquérito apresenta uma quinta parte, composta por duas perguntas que têm como principal objetivo perspetivar qual a vontade da população relativamente às estratégias futuras a adotar no que diz respeito ao desenvolvimento sustentável, com especial foco na questão da qualidade das águas.

As perguntas foram estruturadas da seguinte forma:

- As ações que visem o desenvolvimento sustentável, em particular a melhoria da qualidade da água, devem ser uma prioridade nos próximos anos?
- Quem deve participar neste processo?

A primeira pergunta é de resposta binária: sim ou não.

A segunda apresenta as seguintes opções de resposta: políticos e decisores públicos, tecido empresarial, organizações e associações, população a título individual, e outros. De referir que esta questão é a única onde a resposta não é obrigatória e na qual há a possibilidade de se assinalar mais do que uma opção.

Sexta Parte

O principal objetivo da sexta e última parte prende-se com a caracterização do perfil do inquirido.

Numa primeira fase, solicita-se que assinale a idade e o sexo, assim como o distrito ou região autónoma onde reside.

De seguida, pede-se que selecione as suas habilitações literárias, sendo apresentado um conjunto de opções – até ao 12.º ano de escolaridade, bacharelato, licenciatura, pós-graduação, mestrado ou doutoramento –, e ainda o seu rendimento líquido mensal de entre as seguintes hipóteses: não apresenta rendimento líquido mensal, menos de 750 euros, entre 750 e 1 499 euros, entre 1 500 e 2 499 euros, entre 2 500 e 3 499 euros, entre 3 500 e 4 499, e 4 500 ou mais euros.

Com esta parte, pretende-se estudar se existe uma relação entre o perfil de cada inquirido e a sua perceção relativamente às escorrências rodoviárias, água e desenvolvimento sustentável.

4.4 Apresentação e Análise dos Resultados do Teste-Piloto

A definição e elaboração de um teste-piloto têm como principal objetivo executar um teste ao inquérito, num ambiente controlado e com uma amostra reduzida, de forma a poder detetar possíveis erros ou gralhas, corrigindo-os para a versão final.

Neste sentido, o processo foi realizado via *online*, utilizando uma amostra de 50 pessoas.

A cada um dos inquiridos foi apresentado o questionário descrito no subcapítulo anterior, acrescido de mais três perguntas elaboradas com o objetivo de recolher a opinião quanto à compreensão e clareza de linguagem de cada uma das perguntas.

As três questões foram as seguintes:

- No que diz respeito à clareza de linguagem, como avalia o inquérito realizado?
- Considera alguma pergunta de difícil compreensão?
- Se sim (relativamente ao ponto anterior), qual foi?

A primeira questão apresentou as possibilidades de resposta estruturadas numa escala de importância – desde *Muito Pouco Clara* até *Extremamente Clara* –, a segunda é de resposta binária – sim ou não – e a terceira é de resposta aberta.

No final destas três questões, colocou-se ainda um espaço para que cada inquirido pudesse expressar um comentário, opinião ou reparo.

Recolhidas as respostas dos 50 inquiridos, procedeu-se ao tratamento dos dados.

Tendo em consideração o objetivo primordial deste teste, a análise dos resultados focou-se nas três últimas questões supracitadas.

Em relação à primeira, os resultados foram extremamente satisfatórios, tendo-se obtido uma mediana de 5 numa escala de 1 a 6, onde 1 corresponde a *Muito Pouco Clara* e 6 a *Extremamente Clara*. Dos 50 inquiridos, 20 – 40% da amostra – classificaram o inquérito, no que à clareza de linguagem diz respeito, com a nota máxima. A figura 29 apresenta, graficamente, os resultados obtidos:

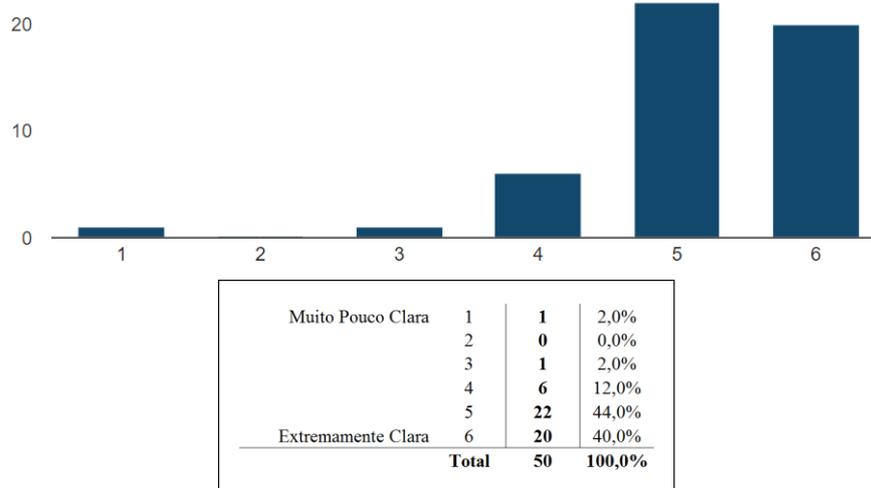


Figura 29: Resultados obtidos no que diz respeito à clareza de linguagem.

Quanto à segunda, os resultados também foram extremamente positivos, com 48 dos 50 inquiridos a responderem que não consideravam qualquer pergunta de difícil compreensão. Apenas 2 pessoas disseram que existia(m) pergunta(s) de difícil compreensão. A figura 30 apresenta os resultados obtidos:

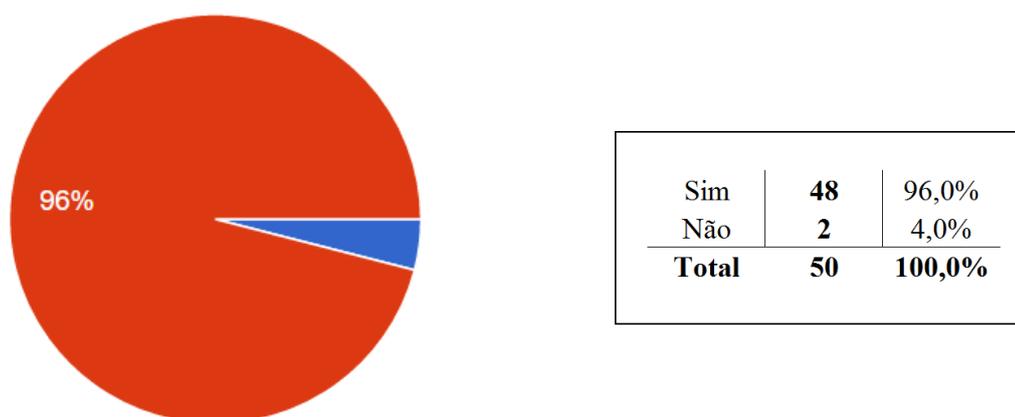


Figura 30: Resultados referentes à questão sobre se existia alguma pergunta de difícil compreensão.

Relativamente à terceira pergunta, ninguém utilizou o espaço para a identificação de questão de difícil compreensão.

Por fim, no que diz respeito ao quarto e último ponto do teste-piloto – espaço onde os inquiridos podiam fazer uma avaliação global do inquérito e tecer os comentários que achassem pertinentes –, dos 50 inquiridos apenas quatro fizeram uso deste espaço.

Todas as gralhas identificadas por parte dos inquiridos foram prontamente corrigidas.

4.5 Apresentação dos Resultados

Tendo como grande objetivo avaliar a perceção da comunidade no que às escorrências rodoviárias diz respeito, bem como a sua receptividade a novas medidas que visem a melhoria das condições ambientais e que promovam o desenvolvimento sustentável, o inquérito esteve disponível para resposta, entre os dias 23 de fevereiro e 10 de março de 2017.

Para a sua divulgação, solicitou-se o apoio das mais diversas entidades e instituições, tendo-se obtido um total de 1192 respostas.

Nos dois subcapítulos seguintes, são apresentados todos os resultados decorrentes deste estudo.

4.5.1 Caracterização do Perfil dos Inquiridos

Contactado um vasto número de empresas, instituições e associações, foi nas Universidades e no meio académico que se verificou uma maior adesão, dada a facilidade com que se pode entrar em contacto, de forma simples e quase instantânea, com toda a comunidade.

Por outro lado, apesar de se terem obtido respostas de todos os distritos de Portugal Continental, foi na região Norte, nomeadamente nos distritos do Porto e de Braga, que se verificou uma maior taxa de resposta, de tal modo que os dois têm um peso de 69,1% da amostra total.

A figura 31 apresenta a distribuição geográfica dos inquiridos (as regiões autónomas da Madeira e dos Açores ficaram de fora do âmbito do estudo).

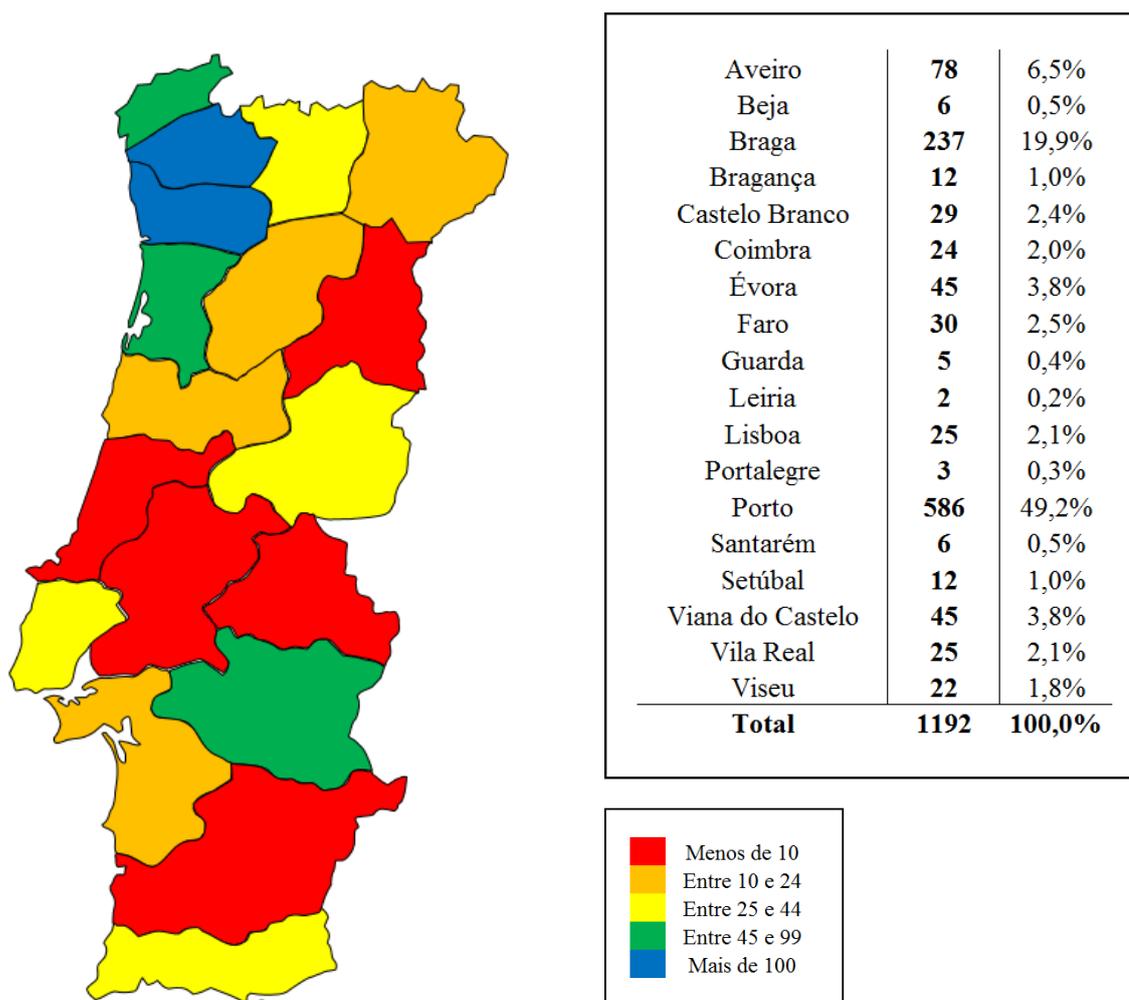


Figura 31: Representação geográfica da distribuição dos 1192 inquiridos.

Noutro âmbito, analisando a amostra no que diz respeito ao sexo dos indivíduos, mais de metade, 62,6%, são do sexo feminino.

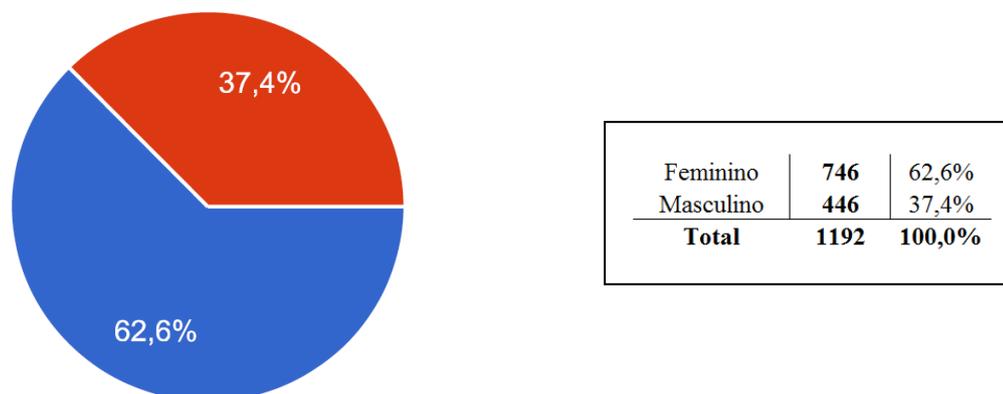


Figura 32: Distribuição em função do sexo dos inquiridos.

Relativamente à idade, a amostra apresenta uma dispersão bastante grande, tendo indivíduos desde os 18 até aos 73 anos. A média é de 28,4 anos, sendo que 69% dos inquiridos apresentam idades compreendidas entre os 18 e os 29 anos.

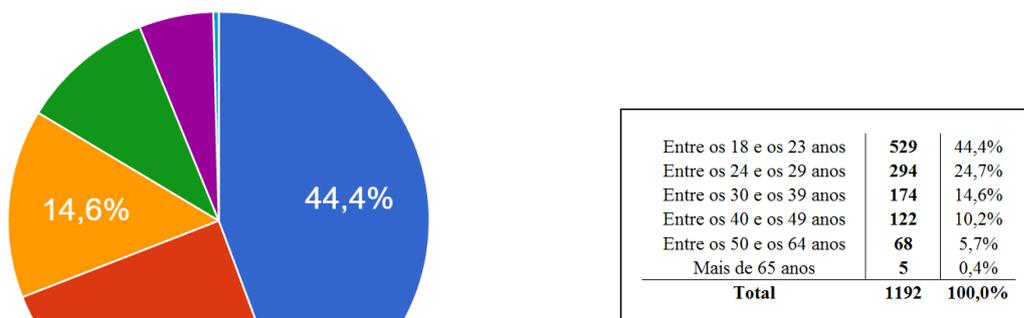


Figura 33: Distribuição em função da idade dos inquiridos.

Quanto às habilitações literárias, 74,4% dos inquiridos apresentam estudos superiores e, entre estes, cerca de metade (37,2%) detêm um mestrado ou doutoramento. A figura 34 apresenta os resultados obtidos:

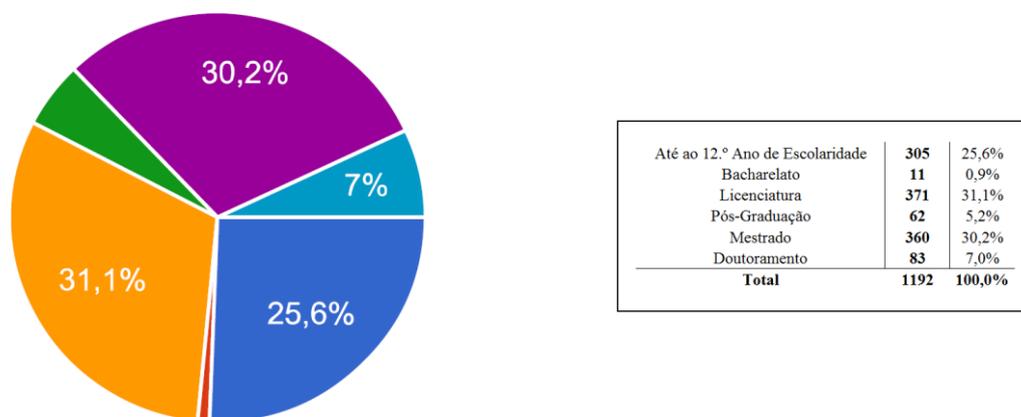


Figura 34: Habilitações literárias dos inquiridos.

Ainda no que à caracterização do perfil dos inquiridos diz respeito, obteve-se também informações relativamente ao seu *Rendimento Líquido Mensal*. Neste âmbito, 51,1% responderam que não apresentam *Rendimento Líquido Mensal*. Os restantes 583 (48,9%) responderam que tinham rendimentos e, da amostra total, 25% declararam apresentar valores compreendidos entre os 750 euros e os 1499 euros.

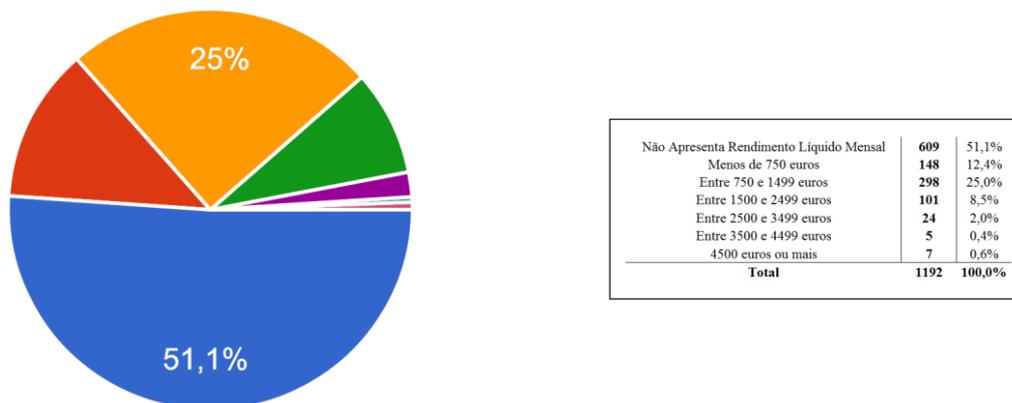


Figura 35: Rendimentos líquidos mensais dos inquiridos.

4.5.2 Avaliação da Perceção dos Inquiridos

Concluída a caracterização do perfil dos inquiridos, é altura de expor os resultados obtidos no que diz respeito ao foco central do inquérito.

A primeira pergunta tinha como finalidade avaliar a perceção dos inquiridos relativamente aos comportamentos e ações sustentáveis praticados pela sociedade portuguesa.

Numa escala de 1 a 6, onde 1 refere-se a *Muito Mau* e 6 a *Muito Bom*, obteve-se uma mediana de 3.

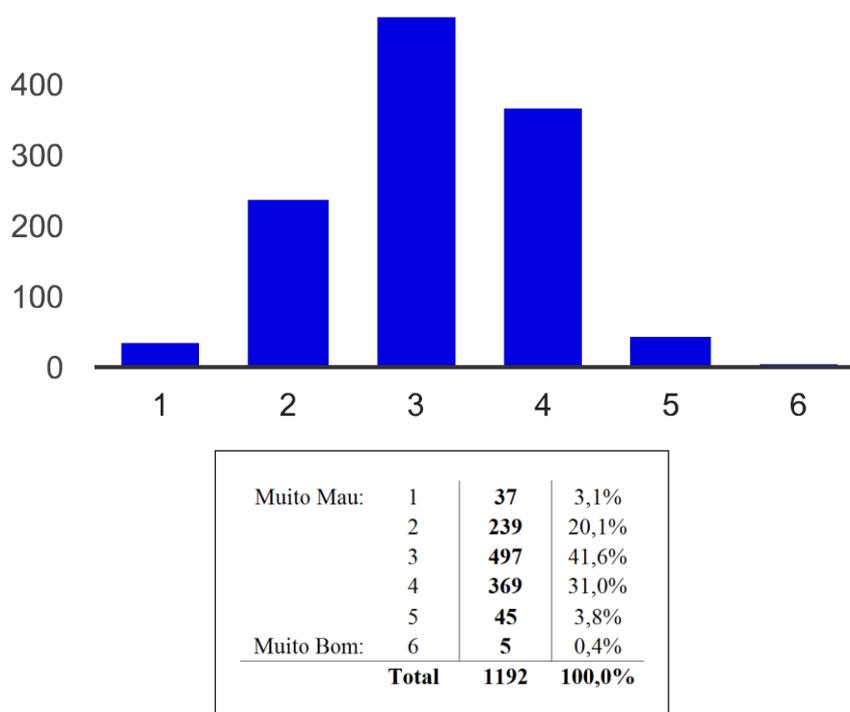


Figura 36: Avaliação dos comportamentos e ações sustentáveis da sociedade portuguesa.

Noutro âmbito, no que diz respeito à avaliação do impacto que as condições ambientais sentidas e vivenciadas no dia a dia têm na qualidade de vida dos inquiridos, os resultados são significativamente diferentes.

Numa escala de 1 a 6, onde 1 corresponde a *Nulo* e 6 a *Muito Forte*, obteve-se uma mediana de 4.

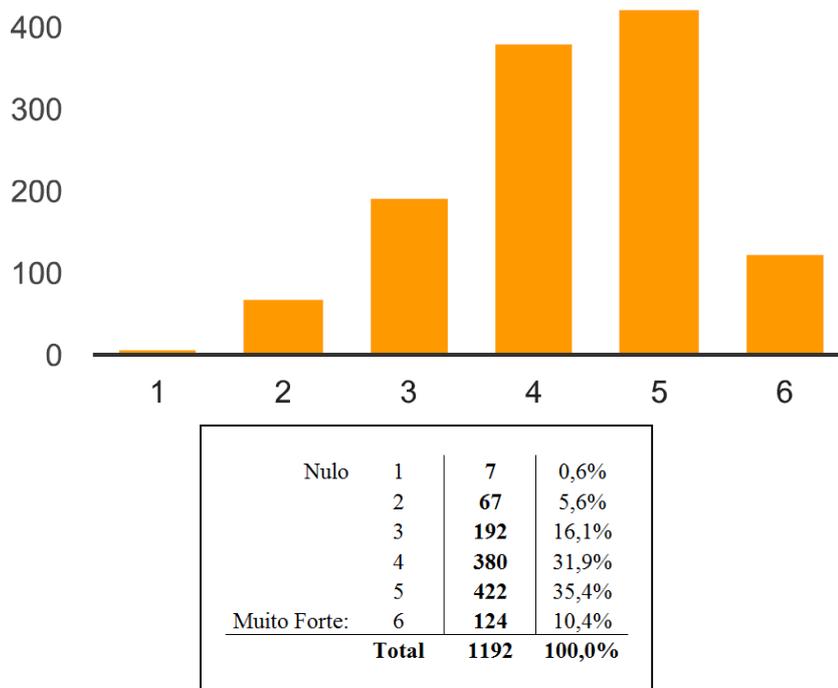


Figura 37: Avaliação do impacto que as condições ambientais apresentam na qualidade de vida dos inquiridos.

Os resultados destas duas questões permitem retirar duas conclusões muito evidentes.

A primeira é que, para mais de metade dos inquiridos, a sociedade portuguesa, no que a comportamentos e ações sustentáveis diz respeito, apresenta uma avaliação insuficiente, com 64,8% do total da amostra a atribuir valores compreendidos entre 1 e 3, numa escala que vai até 6.

Por outro lado, a segunda conclusão prende-se com o facto de que para 77,7% dos inquiridos as condições ambientais sentidas e vivenciadas no seu dia a dia têm um impacto assinalável na sua qualidade de vida. Destaca-se ainda neste âmbito o facto de o nível 5 ser a classificação com um maior nível de respostas, com 422 (35,4%) num total de 1192.

Estes resultados devem ser encarados como um sinal de alerta para a sociedade. Tendo as condições ambientais um impacto tão grande na qualidade de vida dos inquiridos e, ao mesmo tempo, verificando-se, ainda de acordo com a perceção destes, que os comportamentos e ações da sociedade são insuficientes, é necessário tomar medidas que potenciem a melhoria das condições ambientais e promovam e sensibilizem as populações para a adoção de comportamentos mais sustentáveis.

A terceira pergunta tinha como objetivo perceber se os inquiridos faziam ou não separação seletiva do lixo em casa. Analisando os resultados, constatou-se que 73% a fazem:

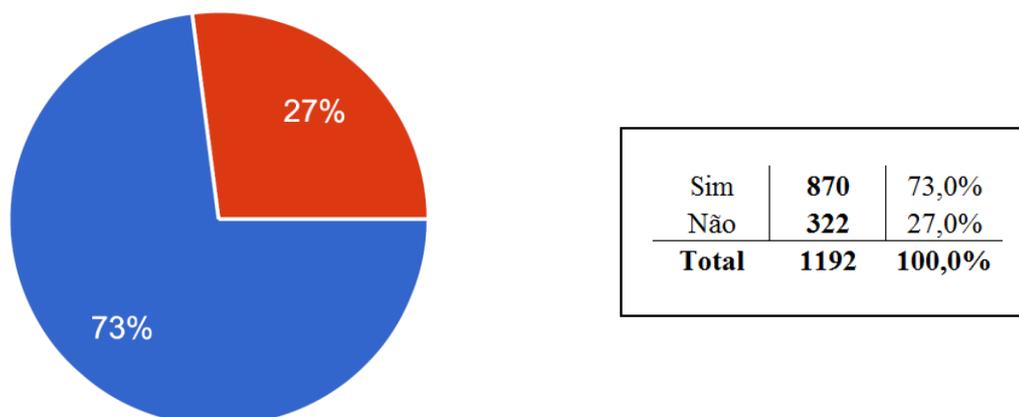


Figura 38: Resultados da questão se o inquirido faz ou não separação seletiva do lixo em casa.

No que diz respeito ao trânsito rodoviário, foi questionado qual o seu impacto na qualidade do ambiente. Numa escala de 1 a 6, onde 1 corresponde a *Nulo* e 6 a *Muito Forte*, obteve-se uma mediana de 5, o que dá a indicação clara de que, na opinião dos inquiridos, existe uma relação direta entre o trânsito rodoviário e a qualidade ambiental.

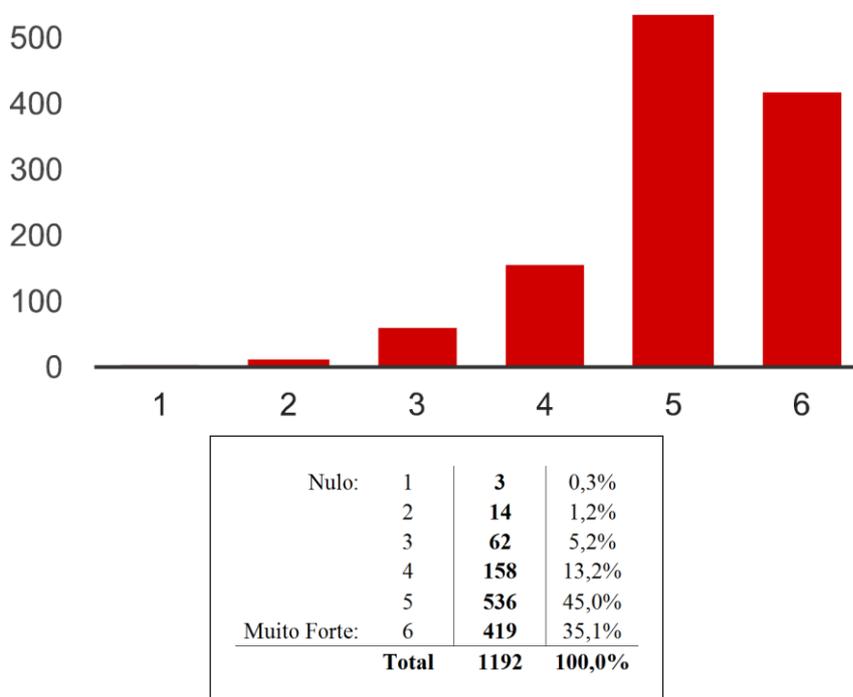


Figura 39: Avaliação do impacto do trânsito rodoviário na qualidade do ambiente.

Foi também avaliada a perceção dos indivíduos no que diz respeito ao impacto que o trânsito rodoviário apresenta na qualidade das águas envolventes. Numa escala de 1 a 6, onde 1 corresponde a *Nulo* e 6 a *Muito Forte*, obteve-se uma mediana de 4.

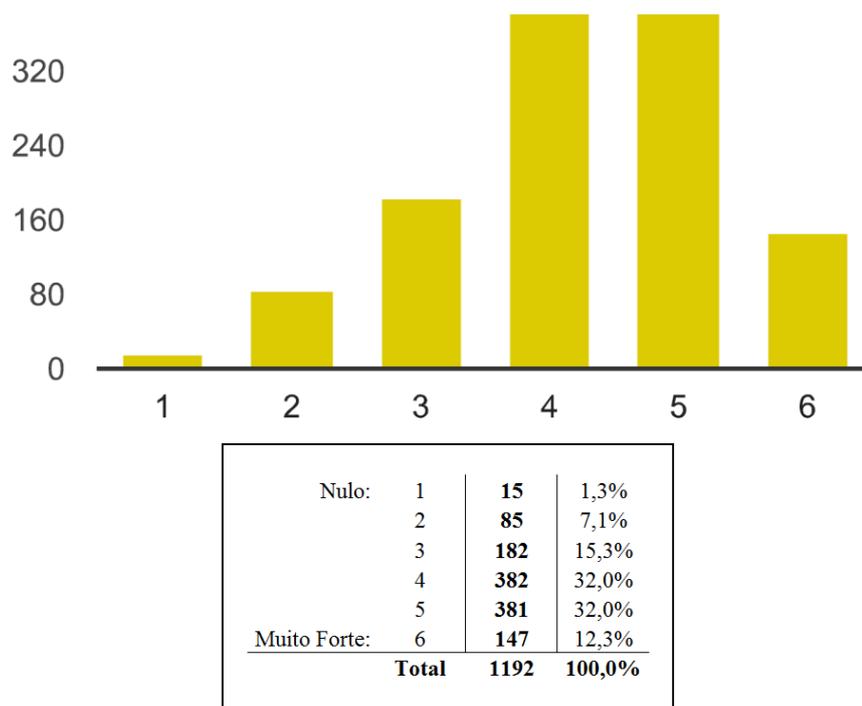


Figura 40: Avaliação do impacto do trânsito rodoviário na qualidade das águas envolventes.

Cruzando os resultados da pergunta referente ao impacto do trânsito na qualidade ambiental com os do impacto do trânsito na qualidade das águas envolventes torna-se claro que, em ambos os casos, a grande maioria dos inquiridos considera que há impactos assinaláveis. No entanto, convém destacar uma ligeira diminuição do nível de impacto da primeira para a segunda pergunta. Esta redução pode ser explicada pelo facto de a primeira apresentar um contexto mais global, considerando todo o ambiente, enquanto a segunda é de âmbito mais específico, focando-se apenas na questão dos impactos do trânsito nas águas. Avaliou-se ainda se os inquiridos estão familiarizados com o termo *escorrências rodoviárias*. Analisando os resultados, a maioria (65,4%) não está.

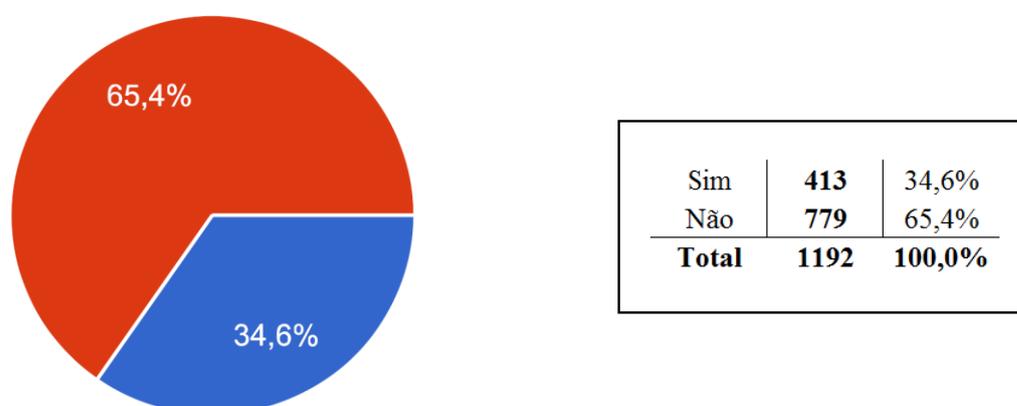


Figura 41: Resultados da questão se está ou não familiarizado com o termo *escorrências rodoviárias*.

Quanto à caracterização da mobilidade dos inquiridos, foram realizadas quatro questões.

A primeira teve como objetivo avaliar a forma de deslocação mais utilizada pelos inquiridos no seu no dia a dia. Dos resultados obtidos, destaca-se o carro como meio preferencial de deslocação – 49,1%.

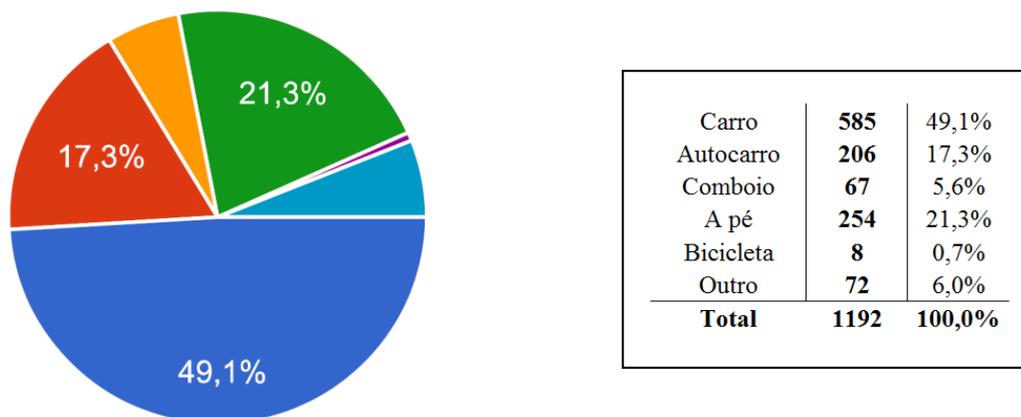


Figura 42: Avaliação das formas de deslocação preferenciais dos inquiridos.

Ao mesmo tempo, foi também intuito avaliar o número de quilómetros que cada um dos inquiridos faz de carro, por semana. Os resultados são apresentados, graficamente, na figura 43:

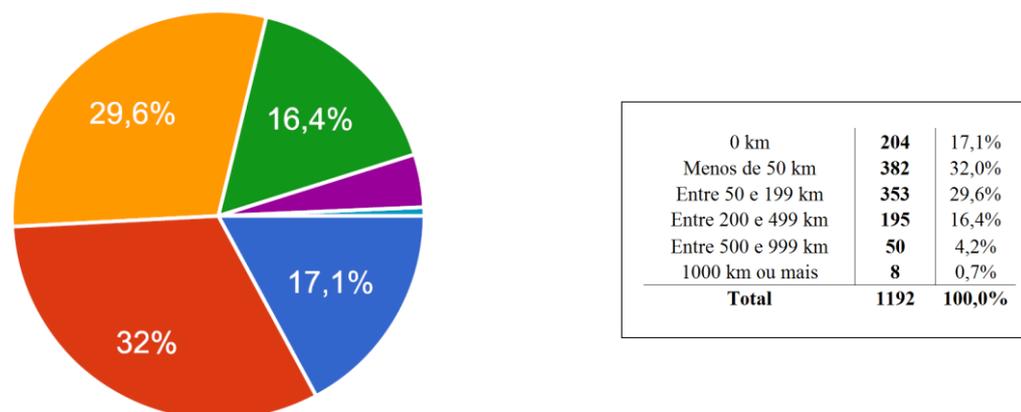


Figura 43: Intervalo médio de quilómetros efetuados de carro, por semana.

Na terceira pergunta, relativa à caracterização da mobilidade, o foco da questão foi transferido para as autoestradas, avaliando-se a frequência com que as utilizam. Do total de 1192 inquiridos, 660 (55,4%) classificaram como ocasional a frequência de utilização destas vias.

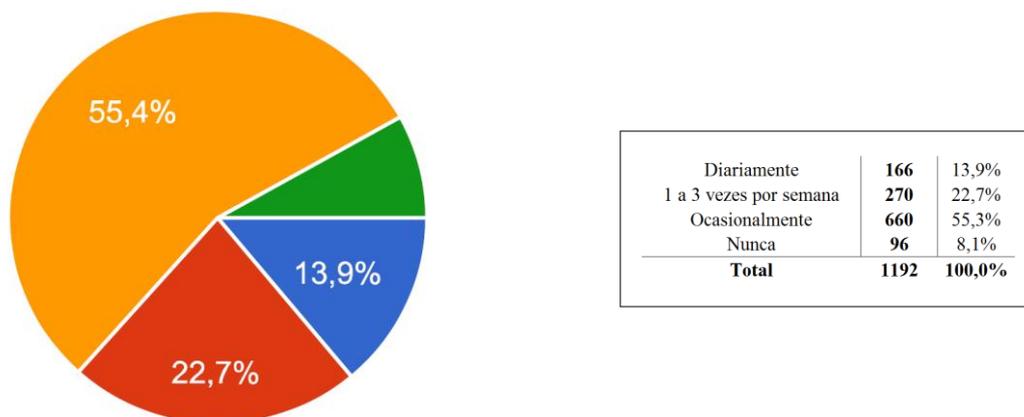


Figura 44: Frequência de utilização das autoestradas.

Por fim, foi também inquirida a despesa que cada um dos indivíduos tem, semanalmente, com as portagens das autoestradas. Os resultados encontram-se apresentados na figura 45:

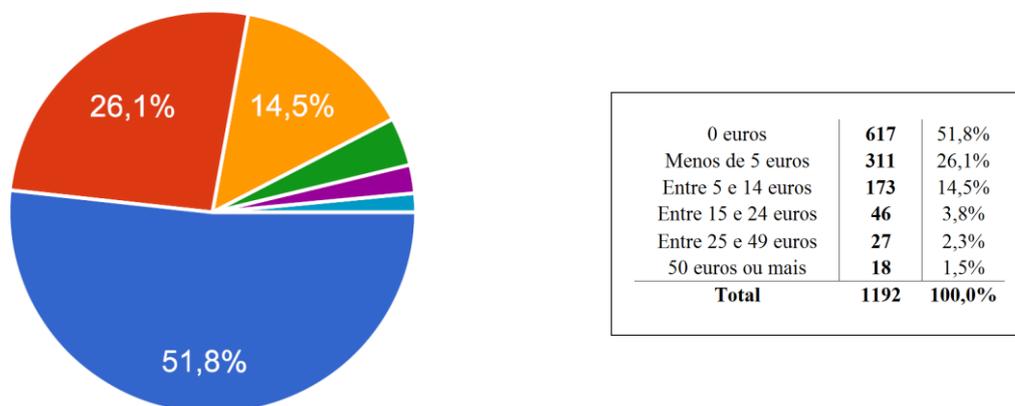


Figura 45: Gastos, semanais, com portagens de autoestradas.

Terminada a avaliação da mobilidade, procedeu-se à avaliação das escorrências rodoviárias enquanto externalidade ambiental.

A primeira questão teve como objetivo avaliar a perceção dos inquiridos no que diz respeito ao investimento em sistemas de tratamento das escorrências rodoviárias. 96,6% consideraram que se deve investir nestes sistemas, revelando uma sensibilização clara, por parte das populações, para esta problemática.

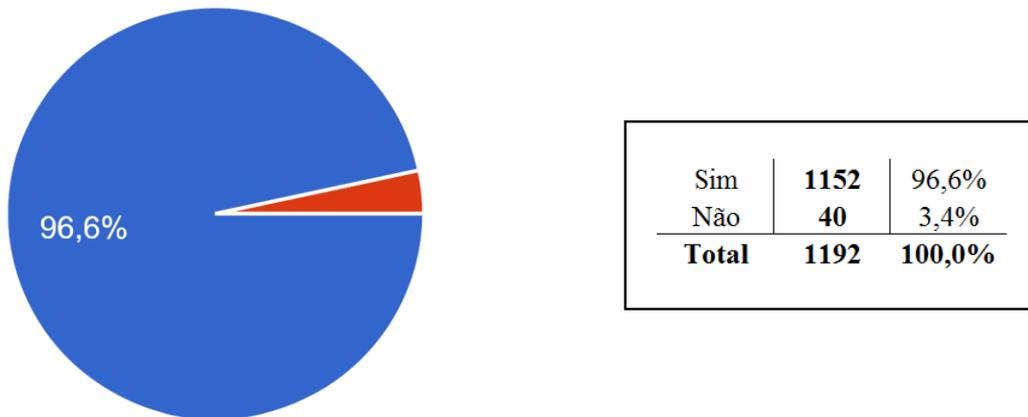


Figura 46: Avaliação da percepção dos inquiridos no que diz respeito ao investimento em sistemas de tratamento de escorrências rodoviárias.

De seguida, questionou-se a possibilidade de os utentes serem parte ativa no financiamento destes sistemas. Neste ponto, os resultados foram bastante distintos dos anteriores, com 49,3% dos indivíduos a considerar que não deveriam contribuir para a implementação de sistemas de tratamento das escorrências rodoviárias.

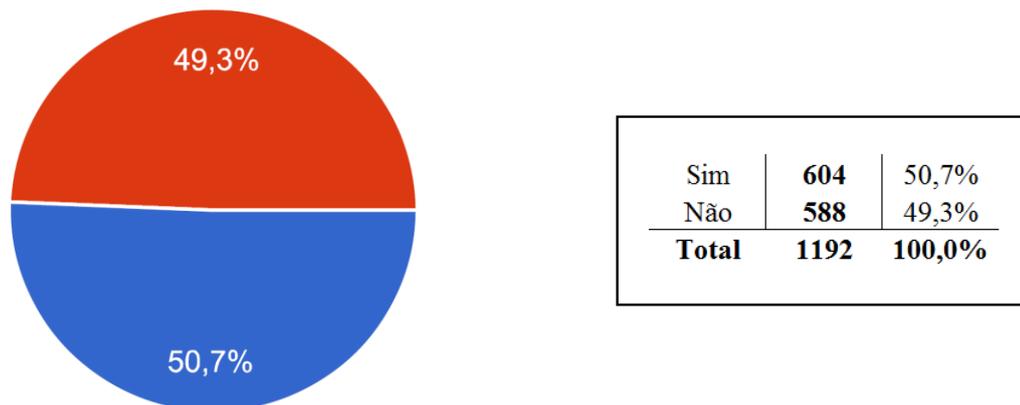


Figura 47: Resultados da percepção dos indivíduos sobre se os utentes devem contribuir financeiramente para a implementação de sistemas de tratamento das escorrências rodoviárias.

Tendo por base este encadeamento, a terceira e última pergunta diretamente relacionada com as escorrências rodoviárias teve como objetivo principal perceber até quanto é que cada um dos inquiridos estaria disposto a contribuir para a implementação destes sistemas.

De uma forma direta, questionou-se quanto estaria disposto a contribuir, em relação ao preço atual da portagem e tendo em consideração os seus rendimentos e despesas habituais.

Olhando para os resultados finais, verifica-se que 43% dos utentes não estão dispostos a contribuir para a implementação de sistemas de tratamento das escorrências rodoviárias, cenário que vem corroborar os resultados obtidos na pergunta anterior.

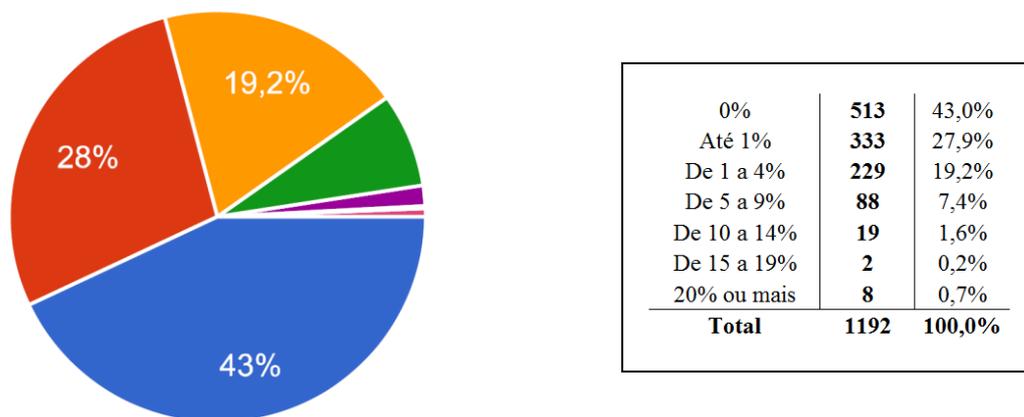


Figura 48: Avaliação de quanto estaria disposto a contribuir em relação ao preço atual da portagem.

Terminada esta etapa, foram ainda realizadas mais duas questões relativas ao futuro da sociedade e aos caminhos que as comunidades deverão seguir, no que diz respeito à água.

Na primeira, foi questionado se as ações que visem o desenvolvimento sustentável e, em particular, a melhoria da qualidade das águas devem ou não ser uma prioridade, nos próximos anos.

Os resultados obtidos não deixam qualquer dúvida relativamente à perceção e opinião geral da amostra, com 97,8% a dizerem que sim, que devem ser uma prioridade.

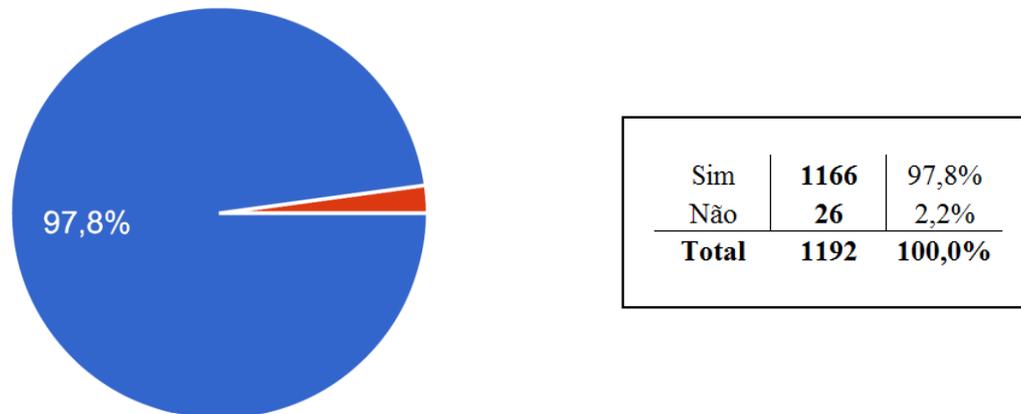


Figura 49: Resultados sobre se o desenvolvimento sustentável e a água devem ser uma prioridade nos próximos anos.

A última questão teve como objetivo avaliar a perceção dos inquiridos sobre quem deveriam ser os principais intervenientes na promoção do desenvolvimento sustentável e na melhoria da qualidade das águas.

Tratando-se de uma questão de resposta não obrigatória e que aceitava múltiplas seleções, a opção *Políticos e Decisores Públicos* recolheu a preferência de 94,2%, seguida das opções *Tecido Empresarial* e *Organizações e Associações*, com 71,2% e 69,8%, respetivamente. *Cidadãos a Título Individual* recolheu a preferência de 57,9%. Os resultados obtidos encontram-se apresentados na figura 50.

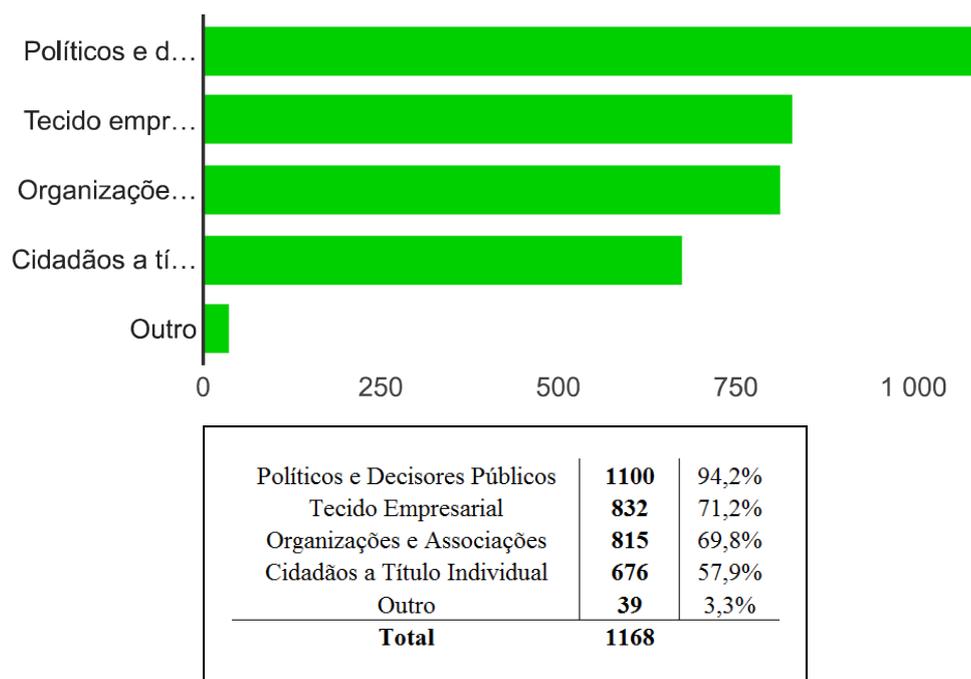


Figura 50: Resultados sobre quem devem ser os intervenientes na promoção do desenvolvimento sustentável e na melhoria da qualidade das águas.

Estas duas últimas questões revelam claramente que, para os inquiridos, o desenvolvimento sustentável deve ser uma prioridade nos planos e ações futuros a desenvolver pelas regiões. É ainda evidente a perceção sobre a importância da água nas suas vidas, identificando a melhoria da qualidade deste recurso como uma necessidade imediata da sociedade.

Por outro lado, é ainda de sublinhar o facto de mais de 50% dos inquiridos considerar que a responsabilidade da promoção do desenvolvimento sustentável e da qualidade das águas deve ser assumida de uma forma transversal por todos os grupos – políticos e decisores públicos, tecido empresarial, organizações e instituições e cidadãos a título individual. No entanto, é também claro que se entende que quem mais deve contribuir são os políticos e decisores públicos – leia-se Estado – e o tecido empresarial.

4.6 Análise e Discussão dos Resultados

Tendo por base o inquérito realizado e os respetivos resultados referentes a uma amostra de 1192 indivíduos, procedeu-se à sua modelação e análise estatística.

Pretendeu-se analisar os fatores explicativos da disponibilidade dos respondentes a pagar um aumento do preço atual da portagem para a implementação de sistemas de tratamento de águas pluviais que precipitam nos pavimentos das autoestradas e que originam as designadas escorrências rodoviárias, com o objetivo último de prever o valor do pagamento adicional.

O estudo estatístico assentou, por isso, numa análise multivariada, em que foram definidos dois tipos de variáveis: uma dependente e várias independentes.

Relativamente ao primeiro tipo, tem a ver com a disposição de cada indivíduo para pagar. De forma a facilitar os processos, esta variável assumiu a denominação de *disposição_pagar*. Neste âmbito, importa referir que, uma vez que no inquérito as opções de resposta foram apresentadas sob a forma de intervalo de valores, para o estudo considerou-se o ponto médio de cada intervalo, nomeadamente: 0; 1; 2,5; 7; 12; 17; 20%.

No que se prende com as variáveis independentes, foram consideradas as seguintes:

- *Idade*: variável quantitativa referente à idade de cada um dos inquiridos.
- *Habilitacoes*: variável qualitativa referente às habilitações literárias de cada um dos inquiridos.
- *Rendimento*: variável quantitativa referente ao rendimento líquido mensal de cada indivíduo. Uma vez que no inquérito as opções de resposta foram apresentadas sob a forma de intervalo de valores, para o estudo utilizou-se o ponto médio, considerando-se os seguintes valores – 0; 750; 1 124,5; 1 999,5; 2 999,5; 3 999,5; 4 500 euros.
- *Sexo*: variável binária referente ao sexo de cada um dos inquiridos.
- *Carro*: variável binária referente ao facto de se os inquiridos utilizam ou não o carro, no seu dia a dia, como meio de deslocação preferencial.
- *Km_n*: variável quantitativa referente ao número de quilómetros que os inquiridos efetuam, por semana, de carro. Tal como para as outras variáveis do mesmo género e uma vez que, no inquérito, as opções de resposta foram apresentadas sob a forma de intervalo, considerou-se os pontos médios: 0; 50; 124,5; 349,5; 749,5; 1 000 quilómetros.
- *Autoestradas*: variável qualitativa referente à frequência com que os inquiridos utilizam autoestradas.

- *Transito_ambiente_n*: variável binária referente à percepção que os inquiridos têm sobre o impacto do trânsito rodoviário na qualidade do ambiente envolvente. No inquérito, os indivíduos poderiam avaliar numa escala de 1 a 6, onde 1 dizia respeito a um impacto *nulo* e 6 a um impacto *muito forte*. Na análise efetuada, as respostas foram agrupadas em dois grandes grupos – um referente aos indivíduos que avaliaram com uma classificação compreendida ente 1 e 4 e outro referente aos indivíduos que avaliaram com a classificação de 5 ou 6.
- *Escorrencia*: variável binária referente ao facto de se os indivíduos estão ou não familiarizados com o termo *escorrências rodoviárias*.
- *Lixo*: variável binária referente ao facto de se os indivíduos fazem ou não separação seletiva de lixo, em casa.

No que às variáveis independentes diz respeito, estas podem também ser organizadas em três grandes grupos, em função do tipo de informação que nos dão. Assim, temos:

Variáveis de Caracterização Sociodemográfica dos Inquiridos	<i>Idade</i> <i>Habilitacoes</i> <i>Rendimento</i> <i>Sexo</i>
Variáveis de Caracterização da Mobilidade dos Inquiridos	<i>Carro</i> <i>Km_n</i> <i>Autoestradas</i>
Variáveis de Caracterização da Sensibilização Ambiental dos Inquiridos	<i>Transito_ambiente_n</i> <i>Escorrencia</i> <i>Lixo</i>

Figura 51: Representação esquemática dos três grandes grupos de variáveis independentes analisadas.

No decorrer deste estudo, foram ainda consideradas, numa primeira fase, outras duas variáveis: uma referente à questão sobre quanto cada inquirido gasta, semanalmente, em portagens e outra respeitante à pergunta sobre se os utentes deviam ou não dar um contributo para a implementação de sistemas de tratamento das escorrências rodoviárias.

Após uma análise prévia, decidiu não se incluir estas variáveis no modelo final. Esta opção foi tomada por razões distintas para cada uma.

Relativamente à primeira – variável denominada de *gastos* –, observou-se que os dados apresentam incoerências quando cruzados com a frequência com que os inquiridos utilizam as autoestradas, tal como se pode observar na figura 52:

Gastos Semanais	Frequência de Utilização				Total
	Nunca	Ocasionalmente	1 a 3 vezes por semana	Diariamente	
0 euros	95	406	65	51	617
Menos de 5 euros	1	201	81	28	311
Entre 5 e 14 euros	0	41	96	36	173
Entre 15 e 24 euros	0	6	15	25	46
Entre 25 e 49 euros	0	4	9	14	27
50 euros ou mais	0	2	4	12	18
Total	96	660	270	166	1192

Figura 52: Resultados referente à frequência de utilização de autoestradas vs. gastos semanais em portagens de autoestradas.

Analisando as respostas, verificou-se que 617 responderam que gastam, semanalmente, 0 euros em autoestradas. No entanto, deste grupo, apenas 95 afirmaram nunca utilizar autoestradas. Existem, assim, 522 inquiridos que frequentam autoestradas sem, no entanto, terem qualquer tipo de gastos em portagens. É verdade que em alguns casos as despesas poderão ser, por exemplo, suportadas pelas entidades empregadoras, mas este fator não serve de suporte a todas as situações em análise. Verifica-se também que, dos 522 indivíduos, 406 integram-se no grupo dos que frequentam ocasionalmente estas vias – contra 65 que frequentam entre 1 a 3 vezes por semana e 51 que as utilizam diariamente –, situação que reforça a teoria de que os inquiridos não têm uma ideia concreta sobre quais são os seus gastos médios semanais. Tendo em conta esta circunstância, optou-se por considerar apenas a variável referente à frequência com que utilizam as autoestradas, deixando de fora a variável referente aos gastos semanais, por se considerar que esta apresenta resultados menos fiáveis e menos coerentes. No que diz respeito à segunda variável – denominada de *participacao_utentes* –, foi descartada pelo facto de se considerar que a maior parte das informações que daqui se poderiam extrair já se encontravam, em grande medida, refletidas na pergunta sobre quanto os inquiridos estariam dispostos a contribuir, em relação ao aumento do preço atual da portagem, para a implementação de sistemas de tratamento de escorrências rodoviárias. A figura 53 apresenta o cruzamento de dados entre estas duas variáveis.

Disposição a Pagar	Participação dos Utentes		Total
	Não	Sim	
0%	420	93	513
Até 1%	117	216	333
De 1 a 4%	43	186	229
De 5 a 9%	6	82	88
De 10 a 14%	1	18	19
De 15 a 19%	0	2	2
20% ou mais	1	7	8
Total	588	604	1192

Figura 53: Resultados referentes à participação dos utentes vs. disposição a contribuir em relação ao preço atual da portagem.

Como se pode verificar, dos 588 inquiridos que responderam que os utentes não devem contribuir financeiramente para a implementação de sistemas de tratamento nestas vias, a grande maioria (420) responde 0% na pergunta sobre até quanto estaria disponível a contribuir. Os restantes 168 afirmam que, apesar de acharem que os utentes não devem contribuir, estariam dispostos a participar com algo, caso esse plano fosse colocado em prática, destacando-se mesmo assim o facto de a maioria (117) apenas estar recetiva para um montante até 1%.

Por outro lado, verifica-se também que, dos 604 indivíduos que responderam que os utentes deviam participar neste processo, 511 estão dispostos a contribuir financeiramente para um aumento do preço atual da portagem, corroborando, em certa medida, as respostas obtidas.

Com base nestes resultados, optou-se por não se considerar a variável *participacao_utentes* na modelação estatística efetuada.

Tendo por base estas considerações e definidas todas as variáveis a analisar, recorreu-se ao programa STATA 14® para efetuar a modelação estatística.

O método utilizado foi o *Método de Regressão de Tobit*. Esta opção prende-se com o facto de a variável dependente, *disposicao_pagar*, ter os seus valores compreendidos num intervalo definido entre 0 e 20%, tratando-se assim de uma variável censurada (Tobin, 1958, Wooldridge, 2013).

Os resultados obtidos encontram-se apresentados de forma esquemática na figura 54:

N Observações	1 192
F (16, 1176)	3,81
Prob > F	0,0000
Variáveis	Efeitos Marginais (Erro Padrão – Robusto)
Idade	-0,1053 (0,0225)***
Habilitações	
1	0,0740 (1,2597)
2	0,0898 (0,3674)
3	-0,7834 (0,6545)
4	0,4641 (0,3920)
5	-0,8871 (0,6769)
Rendimento	0,0010 (0,0003)***
Sexo	0,5707 (0,3028)*
Carro	-0,2573 (0,3348)
Km_n	-0,0022 (0,0010)**
Autoestradas	
1	-0,2506 (0,5382)
2	0,1854 (0,5822)
3	-0,6336 (0,6805)
Transito_ambiente_n	0,6631 (0,3051)**
Escorrência	0,0883 (0,2939)
Lixo	1,1879 (0,3110)***
Previsão	1,8093 (0,6115)

*** corresponde a *extremamente significativo*, encontrando-se compreendido entre [0,0 ; 0,01]

** corresponde a *muito significativo*, encontrando-se compreendido entre]0,01 ; 0,05]

* corresponde a *significativo*, encontrando-se compreendido entre]0,05 ; 0,1]

Figura 54: Apresentação dos resultados referentes à modelação efetuada.

Analisando o modelo estatístico no seu global, este apresenta-se estatisticamente significativo. É, por isso, válido concluir que as variáveis independentes explicam a variabilidade da variável dependente em torno da sua média, isto é, as características sociodemográficas, de mobilidade e de sensibilização ambiental dos inquiridos são estatisticamente relevantes para definir qual será o valor que cada indivíduo estará disposto a pagar, em relação ao preço atual da portagem.

Mudando o foco para as variáveis independentes, estas foram analisadas e interpretadas em função da seguinte escala:

- $P > |z|$ compreendidas entre 0 e 0,01 são estatisticamente *extremamente significativas*,
- $P > |z|$ maiores que 0,01 e até 0,05 correspondem a estatisticamente *muito significativas*,
- $P > |z|$ maiores que 0,05 e até 0,1 assumem-se como estatisticamente *significativas*,
- $P > |z|$ superiores a 0,1 representam variáveis que não são estatisticamente significativas.

Analisando os resultados relativos às características sociodemográficas, existem duas variáveis que têm um peso acrescido na disposição a pagar por parte dos inquiridos.

O sexo dos inquiridos destaca-se como sendo uma variável significativa, uma vez que elementos do género masculino têm uma disposição a pagar 0,5707 pontos percentuais superior a elementos do sexo feminino.

No entanto, esta não é a variável com mais peso neste estudo, mas, sim, a idade e o rendimento dos inquiridos, apresentando-se ambas como extremamente significativas. Por cada ano a mais na idade dos inquiridos, estes apresentam menos 0,1053 pontos percentuais de disponibilidade a pagar. Por outro lado, analisando os rendimentos dos inquiridos, verifica-se que, por cada 100 euros a mais no seu rendimento mensal líquido, a sua disponibilidade a pagar aumenta 0,1 pontos percentuais.

Mudando o foco para as variáveis referentes à caracterização da mobilidade dos inquiridos, apenas uma se assume como estatisticamente significativa: por cada quilómetro a mais que cada inquirido faz, semanalmente, em autoestrada, a disponibilidade a pagar cai 0,0022 pontos percentuais. Trata-se de um valor extremamente significativo no modelo em causa.

Da análise do último grande grupo referente à caracterização da sensibilidade ambiental de cada indivíduo, importa ressaltar duas variáveis: a *transito_ambiente_n* e a *lixo*.

Em relação à primeira, assume-se como muito significativa, uma vez que os inquiridos que avaliaram o impacto do trânsito rodoviário no ambiente com a classificação de 5 e 6 têm uma disposição a pagar 0,6631 pontos percentuais superior a inquiridos cujas respostas se situaram entre 1 e 4.

No que diz respeito à segunda variável, indivíduos que fazem separação seletiva do lixo apresentam uma disponibilidade a pagar 1,1879 pontos percentuais superior àqueles que não têm essa prática em casa. Esta é uma variável com um forte peso no modelo, assumindo-se como extremamente significativa.

A análise do modelo de uma forma integrada permite estimar que, em média, os inquiridos estão dispostos a suportar um aumento de 1,8093 pontos percentuais – ao qual corresponde um desvio padrão de 0,6115 – em relação ao preço atual da portagem, de maneira a poder contribuir, com esse acréscimo de receita, para a implementação de sistemas de tratamento de escorrências rodoviárias nas autoestradas.

Efetuada a relação dos resultados obtidos por via deste modelo com os objetivos-base do inquérito, é válido concluir que a população está, de uma forma geral, sensibilizada para questões ambientais, nomeadamente para as relacionadas com a água e a respetiva qualidade.

Ao mesmo tempo, compreende que os atuais padrões de mobilidade têm profundos impactos no meio ambiente, justificando-se, por isso, uma intervenção, no sentido de melhorar as condições ambientais.

Quando, porém, se questiona sobre quem devem ser os principais intervenientes e contribuintes destas ações, os políticos e decisores públicos e o tecido empresarial surgem na primeira linha.

Cruzando estes dados com os resultados obtidos no modelo e com os custos de implementação dos sistemas de tratamento de águas pluviais nas autoestradas, torna-se claro que as políticas e planos a executar no futuro, neste setor, deverão partir sempre de uma lógica de cofinanciamento, repartindo o esforço entre estes três grandes grupos: Estado, concessionários de autoestradas e utentes destas vias.

Recorde-se que o custo de implementação destes sistemas equivale a um aumento de 14,7% do preço médio das portagens das autoestradas – valor estimado no subcapítulo 4.3.4 da presente dissertação.

Isso significa que, para financiar a implementação dos sistemas de tratamento nas autoestradas unicamente por via de um aumento do preço das portagens, por cada 100 euros gastos em portagens, os utilizadores teriam que pagar mais 14,7 euros, resultando num aumento para os 114,7 euros.

Assim, com base neste estudo, verificou-se que os utentes estariam dispostos a pagar um aumento no máximo de 1,8%, o que equivale, neste caso, a 1,8 euros.

Desta forma, a percentagem do custo total máximo que os utilizadores estão dispostos a pagar é:

$$\%Financiamento\ Máximo_{Utilizadores} = \frac{Aumento\ Máximo_{Portagem}}{Aumento\ Máximo\ Admissível_{Utilizadores}} \times 100$$

$$\Leftrightarrow \%Financiamento\ Total_{Utilizadores} = \frac{1,8}{14,7} \times 100 = 12,2\%$$

Concluiu-se, assim, que a contribuição média máxima que os utilizadores estão dispostos a pagar equivale a 12,2% do custo total de implementação destes sistemas de tratamento, ficando à responsabilidade dos concessionários e do Estado os restantes 87,8%.

Esta conclusão reveste-se de enorme relevância para a sociedade, uma vez que pode servir de suporte à definição de planos e de programas nesta área, contribuindo, fortemente, para a melhoria das condições de sustentabilidade das regiões.

Numa etapa em que o problema das escorrências rodoviárias ainda não é tema de debate público, a disponibilidade manifestada pelos utilizadores no sentido de contribuírem com o equivalente a 12,2% do custo de implementação de sistemas de tratamento constitui um indicador muito relevante em termos de cidadania ambiental, ao mesmo tempo que se afigura como um sinal de alerta para os decisores.

Aliás, nesta fase ainda embrionária do processo, a receptividade dos inquiridos quanto à ideia da distribuição dos custos numa lógica de esforço repartido através do cofinanciamento, para além de promissora, parece ser equilibrada e sensata, na medida em os resultados finais apontam para cerca de 12% a cargo dos utilizadores das autoestradas e os restantes 88% a deverem ser assumidos pelo Estado e pelas empresas concessionárias – porventura, 44% + 44%.

Estamos por isso perante uma mensagem muito clara que reforça a ideia de que os grandes problemas têm que ser abordados de uma forma articulada entre as partes envolvidas, potenciando sinergias. Este é um paradigma incontornável de ação, também e sobretudo quando está em causa o desafio do Desenvolvimento Sustentável.

Capítulo 5:

CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

5.1 Conclusões

Vivemos tempos de profunda mudança. A sociedade e as mais diferentes regiões do mundo encontram-se em constante transformação, na tentativa de se adaptar às necessidades, cada vez maiores, das populações.

O crescimento populacional verificado no último século não encontra paralelo ao longo da história, pelo que são múltiplos e de enorme complexidade os desafios daqui resultantes.

Se há uns séculos atrás os recursos existentes chegavam para satisfazer as necessidades das populações, hoje em dia, fruto do consumo desenfreado, o nosso planeta começa a atingir uma situação de exaustão.

Face a este quadro preocupante, tem-se assistido, ao longo das últimas décadas, a uma crescente consciencialização por parte dos líderes e decisores públicos, no sentido de incorporar nas suas agendas o desígnio da sustentabilidade.

Felizmente, hoje em dia, os planos estratégicos e os documentos orientadores das diferentes regiões começam já a ter em consideração não só o crescimento económico, mas também outras dimensões, como a social, a cultural e a ambiental.

Percebeu-se que o desenvolvimento financeiro por si só não basta. Bem pelo contrário, o desenvolvimento só é efetivo quando resulta em melhorias de bem-estar das populações, ao mesmo tempo que é salvaguardada a qualidade de vida das gerações vindouras.

Esta é a premissa-base do desenvolvimento sustentável, isto é, uma abordagem que tenha em conta todos os setores de atividade e todas as dimensões da sociedade, potenciando as sinergias criadas por esta interação, a fim de que o resultado seja a promoção de um crescimento equilibrado e harmonioso de todas as regiões, a curto, médio e longo prazo.

Neste contexto, há um recurso que, sendo imprescindível à vida tal e qual a conhecemos, se destaca de todos os demais: a água.

Assumindo várias formas e usos, trata-se de um elemento que se afirma como um importante motor de desenvolvimento das mais diversas regiões e com impacto nos mais diversos setores de atividade: indústria, turismo, energia, agricultura, saúde, etc..

Fonte de vida e de bem-estar das populações, o uso inteligente das diferentes águas pode significar ganhos económicos, financeiros e sociais e, portanto, representa uma enorme mais-valia para toda a comunidade.

No entanto, são inúmeras as ameaças com que este recurso se debate todos os dias, sendo fortemente afetado por agentes poluentes dos mais diversos setores e atividades humanas. Entre eles, a poluição decorrente do trânsito automóvel apresenta um impacto enorme na qualidade das águas envolventes.

Fruto da crescente circulação de indivíduos e de mercadorias, bem como do constante aumento da extensão das vias de comunicação rodoviárias, a qualidade das águas que precipitam sobre os pavimentos fica fortemente afetada, originando escorrências rodoviárias extremamente nocivas, quer para as águas envolventes, quer para os ecossistemas e *habitats* circundantes.

A agravar este problema está o facto de, em Portugal, a legislação sobre o setor das águas pluviais ainda ser muito incipiente. Contrariamente ao que acontece noutros países, nomeadamente nos Estados Unidos da América, onde estas águas são encaradas de uma forma séria, mediante a aplicação de um vasto conjunto de documentos regulamentadores e protetores da sua qualidade, em Portugal, só agora se começa a dar os primeiros passos.

Acarretando enorme impacto no dia a dia e na qualidade de vida das populações, esta é, portanto, uma situação que merece ser rapidamente alterada.

Felizmente, hoje em dia já se verifica a existência, e em alguns casos a aplicação, de soluções de engenharia que permitem o tratamento destas águas, mitigando e minimizando os efeitos das escorrências no meio ambiente.

Estes sistemas passam, na sua maioria, pela implementação de mecanismos que possibilitam a recuperação das características iniciais das águas, através de um vasto leque de processos físicos, químicos e/ou biológicos. Destacam-se as soluções de controlo na origem, as bacias de retenção, os filtros granulares, os pavimentos permeáveis e reservatórios, os órgãos de retenção de óleos, as trincheiras de infiltração e as valas vegetadas.

No entanto, como a sua incorporação nas vias de comunicação acarreta custos financeiros, vai-se arrastando o impasse sobre quem deve ser o responsável pelo seu financiamento – empresas concessionárias das vias, Estado ou utentes.

Este tipo de problemas tornou-se extremamente comum nos modelos económicos em vigor, a partir do momento em que se começou a tentar internalizar os impactos ambientais nas ações que os produzem.

Esta mudança de paradigma originou, a partir de meados do século XX, profundas alterações nos modelos económicos.

Até então, os estudos estavam fortemente assentes na procura e na oferta de determinado produto, sendo a partir destas duas variáveis que se definia a viabilidade económico-financeira de determinado bem ou produto.

Apesar de refletir grande parte dos custos de produção, existem, no entanto, muitos impactos decorrentes deste processo que ficam de fora. Os efeitos ambientais muitas vezes provocados pela produção de bens e serviços são um exemplo disso mesmo, acabando por ser na grande maioria das vezes desprezados e originando um custo que, de forma indireta, é imputado à sociedade.

Neste âmbito, as *externalidades ambientais* assumem um papel de destaque, tendo sido alvo de forte investigação e análise, com o intuito de encontrar modelos e processos que permitam a sua quantificação.

A necessidade de encontrar formas de minimizar e de quantificar os seus impactos é um imperativo imediato e com enormes reflexos na melhoria das condições ambientais e, conseqüentemente, do bem-estar das populações.

O trabalho desenvolvido ao longo desta dissertação procura responder exatamente a esta necessidade: avaliar o impacto e a perceção das populações em relação à problemática das escorrências rodoviárias e aferir no que diz respeito à sua disponibilidade para participar, ativa e financeiramente, na sua resolução.

Tendo como foco principal as autoestradas, este estudo assentou no desenvolvimento de um inquérito com base no método de valoração contingente, na medida em que este permite, globalmente, estimar quanto os consumidores estariam dispostos a pagar ou a receber em termos monetários para manter os fluxos de bens e de serviços ambientais e desta forma contribuir para a implementação de medidas mitigadoras desta fonte de poluição.

O inquérito, tendo sido divulgado e contado com o apoio de inúmeras empresas e instituições, possibilitou construir uma amostra significativamente elevada de 1192 inquiridos.

Com respostas quer do sexo masculino quer feminino e com 74,4% dos inquiridos a apresentarem estudos superiores, esta amostra ganha especial relevância tendo em conta o facto de possuir uma dispersão geográfica assinalável, tendo obtido respostas de habitantes de todos os 18 distritos de Portugal Continental.

Analisando os resultados obtidos constatou-se que, para os inquiridos, as condições ambientais vivenciadas nos seus quotidianos têm fortes impactos na sua qualidade de vida, com 926 respostas, 77,7%, a atribuírem uma classificação igual ou superior a 4, numa escala de 1 a 6 e onde 1 diz respeito a um impacto nulo e 6 a um impacto muito forte. Por outro lado, também ficou claro que, com base na percepção dos inquiridos, a sociedade atual ainda pode e deve melhorar muito no que diz respeito a ações que visem a melhoria da sustentabilidade das regiões, com 773 pessoas, 64,8%, a atribuírem uma classificação de 3 ou menos, numa escala de 1 a 6 onde 1 diz respeito a condições ambientais e de sustentabilidade muito más e 6 muito boas.

Com 49,9% dos inquiridos a utilizarem o carro como meio de deslocamento preferencial constatou-se que, para os inquiridos, o impacto do trânsito rodoviário, quer no meio ambiente quer na qualidade das águas envolventes, é significativo não devendo por isso ser ignorado – 93,3% para o primeiro caso e 76,3% para o segundo, avaliaram com uma classificação igual ou superior a 4, numa escala de 1 a 6. Este ponto torna-se ainda mais relevante na medida em que 65,4% das pessoas não estavam familiarizados com o termo “escorrência rodoviária”. Verifica-se por isso uma forte consciencialização, por parte dos inquiridos, sobre o impacto que os padrões de mobilidade, assentes no automóvel, apresentam na qualidade ambiental.

Paralelamente, observou-se também uma clara preocupação no que à qualidade das águas diz respeito, com 97,8% da amostra a afirmar que deve ser feita uma aposta na melhoria da sua qualidade por parte de todas as regiões e 96,6% a considerar que se deveria de investir na implementação de sistemas de tratamento das escorrências rodoviárias.

Neste âmbito, para os inquiridos, os principais intervenientes e promotores destes planos deverão de ser os políticos e decisores públicos e o tecido empresarial sendo que, no que diz respeito à implementação de soluções de tratamento das águas de escorrência dos pavimentos das autoestradas, apenas 50,7% do total de respostas considera que os utentes deverão de ter uma participação ativa no seu financiamento.

Por outro lado, este estudo apresentou também informações relevantes sobre qual o aumento máximo, face ao preço atual das portagens, que os inquiridos estariam dispostos a suportar para a implementação destas soluções.

Sendo esta questão de enorme relevância, na sua análise, verificou-se que as respostas obtidas eram influenciadas em função do perfil dos inquiridos.

Assim, elementos do sexo masculino, pessoas mais novas ou com maiores rendimentos revelaram estar mais dispostos a suportar um aumento maior quando comparado com pessoas do sexo feminino, com uma idade mais avançada ou com rendimentos mais baixos.

Paralelamente, pessoas que efetuam mais quilómetros em autoestradas, apresentam uma menor disponibilidade a pagar face àquelas que percorrem uma menor distância.

Por outro lado, verificou-se também que os inquiridos que consideravam mais forte e relevante o impacto do trânsito rodoviário na qualidade do ambiente envolvente bem como aqueles que efetuam, em casa, separação seletiva do lixo – representando, neste caso, 73,0% da amostra total – apresentaram uma maior abertura a suportar um maior aumento, do preço atual das portagens, para o financiamento destes sistemas.

Assim, os resultados finais revelaram que, em média, os utilizadores estariam dispostos a suportar um aumento máximo de 1,8%. Este é por isso um resultado significativo e tanto mais relevante quando são tidos em consideração dois fatores preponderantes.

O primeiro diz respeito ao caso de esta problemática ainda se encontrar numa fase bastante incipiente não sendo tema de debate público e como tal, a população ainda não estar consciente, de uma forma global, dos impactos resultantes destas escorrências.

O segundo fator prende-se com o facto de ter sido estimado que, para que o custo total de financiamento da implementação e operação destes sistemas de tratamento fosse, totalmente, suportado por via de um aumento do preço das portagens, implicaria um aumento médio de 14,7% do preço atual das portagens. Desta forma os 1,8% de aumento do preço das portagens, referentes à disponibilidade a pagar

por parte dos inquiridos equivale, por isso, a 12,2% do custo global sendo este um valor bastante relevante e positivo.

Estes resultados reforçam assim a ideia de que as populações estão conscientes da importância que os diferentes tipos de água apresentam para a qualidade de vida das regiões e acreditam que devem ser implementadas soluções que visem a melhoria das mesmas. No entanto – porventura também influenciados pela situação económica do País – é também forte convicção por parte dos inquiridos que estas medidas deverão de ser suportadas, em grande medida, pelo Estado e pelas entidades gestoras das autoestradas.

Neste contexto, acredita-se que o futuro passe pela implementação dos sistemas através de modelos de cofinanciamento, no qual os utentes suportam uma pequena parte e a grande percentagem do investimento é assumida, quer pelos concessionários, quer pelo Estado, num esforço repartido.

Trata-se de um problema cuja resolução não é fácil. No entanto, a busca de modelos económicos e de soluções de engenharia que visem a proteção das massas de água constitui um desígnio comum, que não pode continuar a ser negligenciado ou até ignorado. Bem pelo contrário, trata-se de um desafio cada vez mais complexo, que exige uma abordagem urgente, abrangente e integrada.

O futuro, apesar de trabalhoso e desafiante, apresenta também um conjunto de indicadores que nos permite encará-lo de uma forma mais otimista.

A investigação nesta área tem levado a que nos últimos anos se tenha assistido a uma redução dos custos dos sistemas de tratamento das escorrências rodoviárias, tornando-os cada vez mais competitivos em termos económicos.

Ao mesmo tempo, verifica-se também um forte investimento, por parte dos grandes construtores de automóveis, na melhoria da eficiência dos motores e dos veículos, levando ao desenvolvimento de sistemas com menos emissões e, conseqüentemente, menos nocivos para o meio ambiente.

Por outro lado, o surgimento, em força, dos carros elétricos é uma realidade inegável, situação que poderá constituir, a curto e médio prazos, um dos maiores avanços no que ao combate à poluição associada aos motores de combustão interna diz respeito.

Trata-se, portanto, de um desígnio que exige um trabalho contínuo e em que toda a população é parte ativa, cabendo a cada cidadão, diariamente, zelar pela proteção deste precioso recurso.

Em suma, o presente trabalho teve como objetivo contribuir para um novo paradigma de abordagem, que se traduza numa visão holística, abrangente e articulada a toda a sociedade no combate à poluição das escorrências e na promoção da qualidade de vida.

Na presente dissertação foram dados passos significativos para a implementação de um sistema de cofinanciamento que permita a proteção dos recursos hídricos e ecossistemas contribuindo para o tão desejado desenvolvimento sustentável, dando resposta às necessidades atuais sem comprometer as legítimas necessidades e aspirações das gerações vindouras.

5.2 Propostas de Investigações Futuras

O estudo e desenvolvimento de trabalhos na área da sustentabilidade e externalidades ambientais é algo que nunca está completo. Muito pelo contrário, as possibilidades de crescimento são enormes e os conhecimentos e bases adquiridos assumem-se apenas como ponto de partida, tendo em conta tudo o que ainda se pode e deve fazer.

Daí que, apesar de o estudo realizado ter como pressuposto um conjunto de pilares já desenvolvidos e maturados por parte da sociedade, muito ainda se possa levar a cabo neste setor.

Neste capítulo, pretende-se, sobretudo, lançar desafios de estudos que se acredita serem de enorme impacto para a sociedade e que, no final, conduzam à criação de planos estratégicos verdadeiramente holísticos e integradores que permitam uma gestão sustentável das mais diversas regiões.

O primeiro ponto a destacar prende-se com a realização de mais inquéritos e trabalhos de auscultação à população. As conclusões extrapoladas deste estudo apresentam fundamentações sólidas. No entanto, a realização de mais questionários com outras amostras e outros intervenientes será sempre de grande valor nesta temática, podendo servir, quer para validar o trabalho e as conclusões aqui apresentadas, quer para apontar novos desafios e pontos de vista.

Apesar de ter sido possível obter respostas de todos os 18 distritos de Portugal Continental, em muitos deles o número de inquiridos não foi o suficiente para poder extrapolar conclusões. Seria, por isso, interessante, no futuro, analisar a possibilidade de existirem ou não regiões do país mais sensibilizadas para a temática das escorrências rodoviárias e, como tal, mais dispostas a pagar um maior aumento do preço das portagens.

É de realçar ainda uma ideia que surgiu com o decorrer do trabalho e que tem a ver com a tentativa de estabelecer uma relação entre a opinião e perspetivas da população em geral e a dos decisores e entidades públicas. Propõe-se que no futuro sejam desenvolvidos trabalhos com o intuito de traçar uma matriz de materialidade que seja objeto de estudo, de forma a perceber se os objetivos de ambos os universos estão alinhados ou se, pelo contrário, têm abordagens diferentes. Perceber cada ponto de vista é essencial para a implementação de programas, pelo que a compreensão das prioridades de cada um é premissa essencial para definir planos de médio e longo prazos.

Na mesma linha, encontra-se o desenvolvimento de ações de sensibilização da população. As questões ambientais e, inevitavelmente, as escorrências rodoviárias só nos últimos anos é que começaram a fazer

parte do dia a dia das pessoas, pelo que cabe à sociedade – destacando-se, neste âmbito, os decisores e instituições públicas, bem como os meios de comunicação social – a promoção de atividades e de projetos que visem educar as comunidades não só para os riscos e problemas, mas também para todas as potencialidades e oportunidades subjacentes.

A discussão pública é fundamental em grande parte das áreas da sociedade. O ambiente, a sustentabilidade, as águas e a poluição não são exceção, tanto mais que, com uma população mais educada, instruída e sensibilizada para estas causas, será sempre mais fácil a aplicação de estratégias verdadeiramente vencedoras.

Num âmbito mais jurídico e focando-nos, especificamente, em Portugal, realça-se a importância de desenvolver estudos exaustivos das diferentes regiões, que possibilitem a elaboração de documentos legislativos sobre as águas de escorrência. Referimo-nos a normativos que definam parâmetros e valores-padrão, quer no que se refere às suas quantidades, minimizando a ocorrência de inundações, quer no que se prende com os limites de concentrações de agentes poluentes permitidos. Só assim será possível efetuar uma proteção mais forte, robusta e integrada, prevenindo a contaminação dos mais diversos ecossistemas terrestres e aquáticos e promovendo a qualidade de vida das populações.

Por último, mas não menos importante, convém ainda realçar duas propostas, de carácter mais técnico e da área da engenharia.

A primeira prende-se com uma maior aposta no estudo e desenvolvimento de sistemas e de soluções de tratamento mais eficientes que, por um lado, possibilitem um maior tratamento e controlo dos agentes contaminadores e, por outro, sejam economicamente mais competitivos – tanto por via da redução dos custos de implementação e/ou manutenção, como pela capacidade de alargar o seu tempo de vida.

A segunda diz respeito à passagem à prática destas soluções e linhas orientadoras, definindo troços específicos, quer de autoestradas, quer de outras vias de comunicação, e procedendo à implementação destes sistemas, avaliando a reação das populações a estas intervenções.

Só assim será possível dar passos firmes e consistentes rumo a uma sociedade mais sustentável, onde o desenvolvimento presente e futuro esteja perfeitamente alinhado, promovendo melhores condições de vida para as populações, aos níveis económico, ambiental e social.

BIBLIOGRAFIA

ACAP. *Estatísticas do Sector Automóvel – Edição de 2013*. Lisboa: ACAP – Associação Automóvel de Portugal, 2013.

Acioli, Laura Albuquerque. *Estudo Experimental de Pavimentos Permeáveis para o Controle do Escoamento Superficial na Fonte*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

Azevedo, Luís Diogo Araújo. *Gestão Sustentável de Águas Pluviais em Ambiente Urbano*. Braga: Universidade do Minho – Escola de Engenharia, 2015.

ASCE. *International Stormwater Best Management Practices (SBMP) Database*. American Society of Civil Engineers. 2004

Assembleia da República. *Lei n.º 58/2005* [Lei da Água], de 29 de dezembro de 2005. *Diário da República – I Série-A*, n.º 249, de 29 de dezembro de 2005.

Azevedo, Rita Isabel Lampreia Teixeira de. *Optimização de Sistemas de Tratamento de Águas de Escorrência de Estradas*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova, 2014.

Bacon, R.. *Measurement of welfare changes caused by large price shifts: an issue in the power sector*. Washington: World Bank, 1995.

Beggs, S., Cardell, S., e Hausman, J.. “Assessing the Potential demand for Electric Cars”. *Journal of Econometrics*, n.º 16. 1981.

Bellen, Hans Michael van. “Desenvolvimento Sustentável: Uma Descrição das Principais Ferramentas de Avaliação”. *Ambiente & Sociedade* – vol. VII, n.º 1, jan./jun. 2004.

Belluzzo, W.. *Avaliação contingente para a valoração de projetos de conservação e melhoria dos recursos hídricos*. Brasília: Ipea, 1999.

Bertrand-Krajewski, J. L., Chebbo, G. & Saget, A.. “Distribution of pollutant mass vs volume in stormwater discharges and the first flush phenomenon”. *Water Research* 32 (8), 1998.

Bishop, R., e Heberlein, T.. “Measuring values of extra-market goods: are indirect measures biased?”. *American Journal of Agricultural Economics*, n.º 61, 1979.

Botelho, Anabela, *et al.* “Using Choice Experiments to Assess Environmental Impacts of Dams in Portugal”. *AIMS Energy*, vol. 3, issue 3, 2015.

Botelho, Anabela, *et al.* “Social sustainability of renewable energy sources in electricity production: An application of the contingent valuation method”. *Sustainable Cities and Society*, vol. 26, 2016.

Botelho, Anabela, Pinto, Lígia M. Costa, e Rodrigues, Isabel. “How to Comply with Environmental Regulations? The Role of Information”. *Contemporary Economic Policy*, vol. 23, n.º 4, october 2005.

Botelho, Anabela, Pinto, Lígia M. Costa, e Sousa, Patrícia. “Valuing wind farms’ environmental impacts by geographical distance: a contingent valuation study in Portugal”. *Working Paper Series*, n.º 52, 2013.

Boyle, K. J., *et al.* “Lakefront Property Owners’ Economic Demand for Water Clarity in Maine Lakes”. *Misc. Report*, n.º 410, Maine Agricultural and Forest Experiment Station. University of Maine, 1998.

Brown, W., e Schueler, T.. *The economics of stormwater BMPs in the mid-Atlantic region: final report*. Silver Spring, MD: Center for Watershed Protection, 1997.

Cahill, Thomas H.. *Low Impact Development and Sustainable Stormwater Management*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2012.

CALTRANS. *BMP retrofit pilot program – final report, Appendix C3*. Sacramento, CA: California Department of Transportation, Division of Environmental Analysis, 2004.

Canholi, Aluísio Pardo. *Drenagem Urbana e Controle de Enchentes*. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

Carlo, S.. *Meio ambiente: sua integração nos sistemas de informações estatísticas*. Rio de Janeiro: IBGE. 1999.

Carson, Richardt. “Contingent Valuation: A User’s Guide”. *Environmental Science & Technology*, vol. 34, n.º 8, 2000.

- Carson, Richardt, Hanemann, W. Michael, e Mitchell, Robert Cameron. *Determining the Demand for Public Goods by Simulating Referendums at Different Tax Prices*. San Diego: University of California, 1986.
- Carvalho, Alda de Caetano (Presidente do Conselho Diretivo do INE). *Estatísticas dos Transportes 2010*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P., 2011.
- CIRIA. *Infiltration drainage – Manual of good practice*. CIRIA – Construction Industry Research and Information Association – Report 156. London: 1996.
- Coase, R. H.. “The Problem of Social Cost”. *The Journal of Law and Economics*, vol. III, October 1960.
- Comissão das Comunidades Europeias. *Directiva 2009/90/CE*, de 31 de julho de 2009. *Jornal Oficial da União Europeia – PT*, 1.8.2009.
- Comissão Europeia (Direcção-Geral da Política Regional). *Cidades de Amanhã – Desafios, visões e perspectivas*. Luxemburgo: Serviço das Publicações da União Europeia, 2011.
- Comissão Europeia. *Compreender as Políticas da União Europeia. Europa 2020: a Estratégia Europeia de Crescimento*. Luxemburgo: Serviço das Publicações da União Europeia, 2013.
- Costa, Carlos Smaniotto, et al.. *Water as an Element of Urban Design: Drawing Lessons from Four European Case Studies*. Springer International Publishing Switzerland, 2015.
- Costa, Diana Freitas da. *Estimação de poluentes em sistemas urbanos de drenagem de águas pluviais*. Braga: Universidade do Minho – Escola de Engenharia, 2012.
- Davenport, T., e Drake, W.. *EPA Commentary: Grand Lake St. Marys, Ohio – The Case for Source Water Protection: Nutrients and Algae Blooms*. Lakeline, 2011.
- Davenport, T., Gibson, R., e Mount, T.. *Implementing Grand Lake St. Marys Nutrient TMDL – Slide presentation*. 2010.
- Davis, R. K.. “Recreation planning as an economic problem”. *Natural Resources Journal* 3, 1963.
- Delaria, Michelle. *Low Impact Development as a Stormwater Management Technique*. Denver: Rocky Mountain Land Use Institute (RMLUI), 2008.
- Departamento de Planeamento (DPL) – Gabinete de Controlo de Gestão e Sistemas de Informação (GCGSI). *Relatório de Tráfego na Rede Nacional de Auto-estradas 2010*. Lisboa: Instituto de Infra-estruturas Rodoviárias, I.P., 2011.

Direcção-Geral do Ambiente. *Proposta para um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*. Amadora: Direcção-Geral do Ambiente e Direcção de Serviços de Informação e Acreditação, 2000.

Diamantino, Catarina, Leitão, Teresa E., e Silva, Manuel Oliveira da. *Estudo da poluição causada pelo tráfego rodoviário nos solos e nas águas subterrâneas, realizado na EN10 – Recta do Cabo*. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. 7.º Congresso da Água, 2004.

Dupuit, J.. “On the measurement of the utility of public works: Transl. from French”. *International economic papers*, 1952.

EPA. *A Compilation of Cost Data Associated with the Impacts and Control of Nutrient Pollution*. United States Environmental Protection Agency, 2015.

Estender, António Carlos, e Pitta, T. de Tasso Moreira. *O Conceito do Desenvolvimento Sustentável*. Instituto Siegen, 2008.

Federal Water Pollution Control Act. [As Amended Through P. L. 107–303, november 27, 2002].

Figueiredo, Alexandra Gomes de. *Avaliação de Impacte Ambiental do descritor recursos hídricos superficiais em projectos rodoviários*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova, 2013.

Freeman III, A. M., *The measurement of environmental and resources values: theory and methods*. Washington: Resource for the Future, 1993.

Garrod, Guy, e Willis, Kenneth G.. *Economic Valuation of the Environment. Methods and Case Studies*. Cheltenham, UK, e Northampton, MA, USA: Edward Elgar, 2000.

Geosyntec Consultants. *Consultants Stormwater Best Management Practices: Guidance Document*. Boston: Boston Water and Sewer Commission, 2013.

Geowater. “Anexo 2: Ilustrações de Sistemas de Manejo Sustentável de Águas Pluviais”. *Plano Municipal de Saneamento*. Macatuba: 2009.

Hanemann, W. Michael. “Valuing the Environment through Contingent Valuation”. *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, n.º 4, 1994.

Hanley, N., e Spash, C. L.. *Cost-benefit analysis and the environment*. Cheltenham/Northampton: Edward Elgar, 1993.

- Harris, Jonathan M., e Roach, Brian. “4. Teoria das Externalidades Ambientais”. *Environmental and Natural Resource Economics: A Contemporary Approach*. Somerville (USA): Global Development and Environment Institute – Tufts University, 2014.
- Hicks, J. R.. “A Comment”. *Review of Economic Studies*. Oxford: Oxford University Press, 1940.
- Hicks, J. R.. “The Rehabilitation of Consumers' Surplus”. *Review of Economic Studies*. Oxford: Oxford University Press, 1941.
- Hicks, J. R.. “Consumers' Surplus and Index-Numbers”. *Review of Economic Studies*. Oxford: Oxford University Press, 1942.
- Hicks, J. R.. “The Four Consumer's Surpluses”. *Review of Economic Studies*. Oxford: Oxford University Press, 1943.
- Hicks, J. R.. “The Generalised Theory of Consumer's Surplus”. *Review of Economic Studies*. Oxford: Oxford University Press, 1945.
- Hoagland, P., et al.. *The Costs of Respiratory Illnesses Arising from Florida Gulf Coast Karenia brevis Blooms. Environmental Health Perspectives*. 2009.
- Hoyer, Jacqueline, et al.. *Water Sensitive Urban Design – Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater Management in the City of the Future*. Hamburg: HafenCity Universität Hamburg, 2011.
- Hufschmidt, M.M., et al.. *Environment, natural systems, and development: an economic valuation guide*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1983.
- IMT, IP. *Relatório de Monitorização da Rede Rodoviária Nacional – 2012 e 2013*. Lisboa: Instituto da Mobilidade e dos Transportes, IP, 2014.
- IMT, IP. *Relatório de Tráfego na Rede Nacional de Autoestradas*. Lisboa: Instituto da Mobilidade e dos Transportes, IP, 2016.
- INE, IP. *Estatísticas dos Transportes e Comunicações 2013*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, IP, 2014.
- INIR, IP. *Relatório de Monitorização da Rede de Auto-Estradas*. Lisboa: Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias IP, 2009.
- Jin, D., Thurnberg, E., e Hoagland, P.. “Economic impact of the 2005 red tide event on commercial shellfish fisheries in New England”. *Ocean & Coastal Management*, 2008.

Joanaz, Cristina, *et al.*. "A sustainable and symbiotic relationship between human occupation and a natural waterscape. The Afife case study, from the XIIIth to the XXth century". *Working Paper Series*, n.º 66, 2016.

Kerr, Geoff. *Contingent Valuation Payment Cards: How Many Cells?*. Canterbury: Lincoln University, 2000.

Kolstad, Charles D.. *Environmental Economics*. Oxford: Oxford University Press, 2010.

Landphair, H. C., McFalls, J. A., e Thompson, D.. *Design methods, selections, and costeffectiveness of stormwater quality structures*. Texas Transportation Institute, The Texas A&M University System, College Station, TX. 2000.

Lee, F.. *Avaliação contingente de danos ambientais: o caso do rio Meia Ponte em Goiânia-GO*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998.

Legret, M., *et al.*. "Simulation of heavy metal pollution from stormwater infiltration through a porous pavement with reservoir structure". *Water Science and Technology*, vol. 39, n.º 2, 1999.

Leitão, Teresa E.. *Impactes de águas de escorrência de estradas nos solos e nas águas subterrâneas. Síntese de casos de estudo na Europa*. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. 7.º Congresso da Água, 2004.

Martínez-Alier, J.. *De la economía ecológica al ecologismo popular*. Barcelona: Icaria, 1994.

Martínez-Alier, J.. "The Environment as a Luxury Good or "too Poor to Be Green"?". *Ecological Economics: The Transdisciplinary Journal of the International Society for Ecological Economics*, 1995.

Martins, Sérgio Hugo Rodrigues. *Metodologias para a minimização da poluição por escorrências urbanas*. Braga: Universidade do Minho – Escola de Engenharia, 2012.

Matias, Maria Gorete Barata. *Bacias de Retenção – Estudo de Métodos de Dimensionamento*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Departamento de Engenharia Civil, 2006.

Matos, R.. *Controlo na Origem de Águas Pluviais. Objectivos, Soluções Técnicas e Experiência Internacional – Estratégias para Beneficiação e Reabilitação de Sistemas Públicos de Drenagem de Águas Residuais*. 1999.

May, P. H.. *Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática*. Rio de Janeiro: Elsevier/Campus, 2010.

Mendes, Marta Madaleno. *Análise da eficácia da avaliação de impactes da rede nacional de auto-estradas*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova, 2012.

Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. *Decreto-Lei n.º 130/2012*, de 22 de junho de 2012. *Diário da República, 1.ª Série*, n.º 120, de 22 de junho de 2012.

Ministério do Ambiente. *Decreto-Lei n.º 382/99*, de 22 de setembro de 1999. *Diário da República – I Série-A*, n.º 222, de 22 de setembro de 1999.

Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. *Decreto-Lei n.º 103/2010*, de 24 de setembro de 2010. *Diário da República, 1.ª Série*, n.º 187, de 24 de setembro de 2010.

Ministros Responsáveis pelo Desenvolvimento Urbano e Coesão Territorial. “Carta de Leipzig sobre as Cidades Europeias Sustentáveis”. Leipzig: 2007.

Mitchell, Robert Cameron, e Carson, Richard T. *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method*. Washington, D. C., Baltimore: Resources for the Future. Distributed worldwide by the Johns Hopkins University Press, 1989.

Mobilising European Research for Development Policies. *Enfrentar a Escassez: Gestão da água, da energia e do solo para um crescimento inclusivo e sustentável. Sumário Executivo – Relatório Europeu sobre o Desenvolvimento 2011/2012*. Bruxelas: 2012.

Nações Unidas – DESA. *Relatório sobre os Objectivos de Desenvolvimento do Milénio*. Lisboa: IED – Instituto de Estudos para o Desenvolvimento, 2010.

Nações Unidas – PNUD. *Resumo do Relatório do Desenvolvimento Humano 2006. A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água*. 2006. Washington: Communications Development Incorporated: 2006.

Nações Unidas – PNUD. *Relatório do Desenvolvimento Humano 2014. Sustentar o Progresso Humano: Reduzir as Vulnerabilidades e Reforçar a Resiliência*. Washington: Communications Development Incorporated, 2014.

Nações Unidas – PNUMA. *Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável e a Erradicação da Pobreza*. 2011.

Nações Unidas – UNESCO. *Década das Nações Unidas da Educação para um Desenvolvimento Sustentável, 2005-2014: documento final do esquema internacional de implementação*. Brasília: Edições UNESCO, 2005.

Nogueira, J. M., Medeiros, M. A. A. de, e Arruda, F. S. T. de. *Valoração Econômica do Meio Ambiente: Ciência ou Empiricismo?*. Brasília: Cadernos de Ciência e Tecnologia, 2000.

OECD. *In It Together: Why Less Inequality Benefits All*. Paris: OECD Publishing, 2015.

Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. *Directiva 2000/60/CE*, de 23 de outubro de 2000. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias* – PT, 22.12.2000.

Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. *Directiva 2008/32/CE*, de 11 de março de 2008. *Jornal Oficial da União Europeia* – PT, 20.3.2008.

Pearce, David. *Economic Valuation and the Natural World*. Washington: World Development Report, 1992.

Pearce, D., e Turner, R.. *Economics of natural resources and the environment*. Baltimore: The Johns Hopkins University, 1990.

Pigou, A. C.. *The Economics of Welfare*. London: Macmillan and Co., Limited, 1920.

Pinto, Lígia Costa, e Salgado, A. Fonseca. “Raising Awareness of Environmental Risks. A Case Study in Portugal”. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, vol. 15, n.º 4, 2004.

Pinto-Coelho, Ricardo Motta, e Havens, Karl. *Crise nas Águas. Educação, ciência e governança, juntas, evitando conflitos gerados por escassez e perda da qualidade das águas*. Belo Horizonte (MG): Recóleo, 2015.

Pitt, Robert. *Demonstration of Nonpoint Pollution Abatement Through Improved Street Cleaning Practices*. Cincinnati, OH: Municipal Environmental Research Laboratory, 1979.

Portugal. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA). Implementação 2012-2020*. Lisboa: Agência Portuguesa do Ambiente, I.P., 2012.

Portugal. Presidência do Conselho de Ministros. *Estratégia Nacional. Desenvolvimento Sustentável. ENDS 2015. Plano de Implementação da Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável*. Lisboa: *Diário da República*, 2007.

Portugal. *Portugal 2020. Acordo de Parceria 2014-2020*. 2014.

Pratt, C. J., Newman, A. P., e Bond, P. C.. “Mineral oil bio-degradation within a permeable pavement: long term observation”. *Water Science and Technology*, vol. 39, n.º 2. London: 1999.

Ramísio, P. J.. *Retenção de Metais Pesados de Escorrências Rodoviárias por Filtração Reactiva*. Braga: Universidade do Minho – Escola de Engenharia, 2007.

- Ramísio, Paulo, *et al.*. *A Gestão da Água na Política de Sustentabilidade da Universidade do Minho*. 17.º Encontro Nacional de Engenharia Sanitária e Ambiental. APESB – Associação Portuguesa de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2016.
- Ramísio, Paulo, *et al.*. *6. Sistemas de Controlo e Tratamento*. In Ana Estela Barbosa (editado por), *Diretrizes para a gestão integrada das escorrências de estradas em Portugal*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2011.
- Ramísio, Paulo, Flores, Mariana, e Duarte, António. *IX-034 – Avaliação da Eficácia de um Sistema de Detenção de Escorrências Urbanas com Base num Caso de Estudo*. XV Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2012.
- Régis, Marlon Antônio Lima. *Imposto sobre Poluição Ambiental – Fundamentos Econômicos, Jurídicos e Operacionais*. Salvador: Universidade Federal da Bahia – Fundação Faculdade de Direito | Secretaria da Fazenda do Estado da Bahia, 2003.
- Robertson, D. H., Hicks, J. R., e Lange, Oscar. “The Inter-relations of Shifts in Demand”. *Review of Economic Studies*. Oxford: Oxford University Press, 1944.
- Serra, Maurício A., *et al.*. “A Valoração Contingente como Ferramenta de Economia Aplicada à Conservação Ambiental: O Caso da Estrada Parque Pantanal”. *Planejamento e Políticas Públicas (PPP)*, n.º 27, jun./dez. 2004, Brasília.
- Soares, Danielle de Almeida Mota, Silva, Guilherme da, e Torrezan, Raphael Guilherme Araújo. *Aplicação Ambiental do Teorema de Coase: O Caso do Mercado de Créditos de Carbono*. São Paulo: UNESP – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências e Letras, 2016.
- Soares, Emilia Salgado. *Externalidades negativas e seus impactos no mercado*. São Paulo: EAESP/FGV, 1999.
- Stewart, R., e Hytiris, N.. *The role of Sustainable Urban Drainage Systems in reducing the flood risk associated with infrastructure | A93 Craighall Gorge to Middle Mause Farm – Road Realignment, Perth, Scotland – Case Study*. Edinburgh: 11th International Conference on Urban Drainage, 2008.
- The Cadmus Group Inc. *The Economic Impact of Nutrients and Algae on a Central Texas Drinking Water Supply*. 2014
- Tobin, J. *Estimation of relationships for limited dependent variables*. *Econometrica* 26: 24–36. 1958.

Terra – Engenharia e Ambiente, Lda. *A integração da abordagem LID (ou SUDS ou WSUD) no planeamento urbano*. Parede, 2013.

United Nations – UNDESA. *World Population to 2300*. New York: United Nations, 2004.

United Nations – UNDESA. *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights*. New York: United Nations, 2014.

United Nations – UNFPA. *The State of World Population 2014. The Power of 1.8 Billion Adolescents, Youth and the Transformation of the Future*. New York: Editorial Team, 2014.

United Nations – UNFPA, UNDESA, UN-HABITAT e IOM. *Population Dynamics in the Post-2015 Development Agenda: Report of the Global Thematic Consultation on Population Dynamics*. New York: 2013.

United Nations – UNICEF e WHO. “Comunicado de Imprensa Conjunto – Alcançado o ODM para a água potável”. Nova Iorque/Genebra: 6 de Março de 2012.

U. S. Environmental Protection Agency – EPA. *Overview of The Storm Water Program*. EPA 833-R-96-008 June 1996.

U. S. Environmental Protection Agency – EPA. *Understanding the Safe Drinking Water Act*. EPA 816-F-04-030 June 2004.

U. S. Environmental Protection Agency – EPA. *Water Facts*. EPA 816-F-04-036 June 2004.

U. S. Environmental Protection Agency – EPA. *Stormwater to Street Trees: Engineering Urban Forests for Stormwater Management*. Washington, D. C., 2013.

U. S. Environmental Protection Agency – EPA. *Rainwater Harvesting: Conservation, Credit, Codes, and Cost Literature Review and Case Studies*. EPA-841-R-13-002 January 2013.

USEPA. *Handbook urban runoff pollution prevention and control planning*. EPA 625-R-93-004. Washington, D. C., 1993.

USEPA. *Preliminary data summary of urban stormwater best management practices*. EPA-821-R-99-012. Washington, D. C., 1999.

USEPA. *Stormwater phase II final rule*. 2000.

Vieira, Fernanda Rodrigues, e Barbosa, Cleidinaldo de Jesus. “O Método de Valoração Contingente (MAC): Uma Abordagem Teórica”. *Enciclopédia Biosfera*, vol. 8, n.º 15, 2012, Goiânia.

Weiss, Peter T., Gulliver, John S., e Erickson, Andrew J.. *The Cost and Effectiveness of Stormwater Management Practices*. Minneapolis, M. N.: Department of Civil Engineering – University of Minnesota, 2005.

Weiss, Peter T., Gulliver, John S., e Erickson, Andrew J.. “Cost and Pollutant Removal of Storm-Water Treatment Practices”. *Journal of Water Resources Planning and Management*. Reston, V. A.: ASCE - American Society of Civil Engineers, may/june 2007.

Wossink, A., e Hunt, B.. *The economics of structural stormwater BMPs in North Carolina*. Raleigh, N. C.: University of North Carolina Water Resources Research Institute, 2003.

Wooldridge, J. M. *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. 5th ed. Mason, OH: South-Western, 2013.

WEBGRAFIA

Abbey Associates Inc.:

http://www.abbey-associates.com/splash-splash/extra_jpegs/SAND_FILTER_SECTION-01%20copy.jpg,

acedido em 10.12.2016.

ACEA – European Automobile Manufactures Association:

<http://www.acea.be/statistics/tag/category/world-production>, acedido em 05.11.2016;

<http://www.acea.be/statistics/tag/category/passenger-car-fleet-per-capita>, acedido em 07.11.2016.

AirPano:

<http://www.airpano.ru/files/Amsterdam-Netherlands/images/image1.jpg>, acedido em 20.01.2017.

iG:

<http://especiais.ig.com.br/temporeal/files/2011/01/chuva-e-transito-lmigrantes.jpg>, acedido em

30.11.2016.

Jornal SOL:

<https://sol.sapo.pt/noticia/116604>, acedido em 10.01.2017.

O Semanário Regional:

<http://www.osemanario.com.br/blog/wp-content/uploads/2014/03/piso.jpg>, acedido em 12.12.2016.

Portal AECweb:

[http://www.aecweb.com.br/tematico/img_figuras/pavimento-com-permeabilidade\\$\\$9511.jpg](http://www.aecweb.com.br/tematico/img_figuras/pavimento-com-permeabilidade$$9511.jpg), acedido em

12.12.2016.

Portal do Instituto Nacional de Estatística:

https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0002128&contexto

[=bd&se/Tab=tab2](#), acessado em 08.11.2016;

https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0002129&contexto

[=bd&se/Tab=tab2](#), acessado em 10.11.2016;

https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0002130&contexto

[=bd&se/Tab=tab2](#), acessado em 10.11.2016.

Sinduscon MT:

<http://sindusconmt.org.br/images/b8240d4c9137aca992aa1c08ed448c70.jpg>, acessado em

12.12.2016.

Statista – The Statistic Portal:

<https://www.statista.com/statistics/262875/development-of-the-world-population/>, acessado em

03.11.2016;

<https://www.statista.com/statistics/272789/world-population-by-continent/>, acessado em 03.11.2016.

United Nations:

<http://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2015/09/why-should-you-care-about-the-sustainable-development-goals/>,

acessado em 20.01.2017.

US Environmental Protection Agency:

<http://www2.epa.gov/laws-regulations/history-clean-water-act>, acessado em 15.11.2016;

<http://water.epa.gov/lawsregs/lawsguidance/index.cfm>, acessado em 15.11.2016;

<http://www.epa.gov/agriculture/lcwa.html>, acessado em 15.11.2016;

<http://water.epa.gov/polwaste/npdes/index.cfm>, acessado em 17.11.2016;

<http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/history.cfm>, acessado em 17.11.2016;

<http://www2.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-water-act>, acessado em 17.11.2016;

<http://water.epa.gov/polwaste/npdes/stormwater/index.cfm>, acessado em 20.11.2016;

<http://water.epa.gov/polwaste/npdes/stormwater/Stormwater-Basic-Information.cfm>, acessado em

20.11.2016;

<http://water.epa.gov/polwaste/npdes/stormwater/Municipal-Separate-Storm-Sewer-System-MS4-Main-Page.cfm>,

acessado em 23.11.2016;

<http://water.epa.gov/polwaste/npdes/swbmp/index.cfm>, acessado em 23.11.2016;

<http://water.epa.gov/polwaste/npdes/stormwater/Integrated-Municipal-Stormwater-and-Wastewater-Plans.cfm>,

acessado em 23.11.2016.

Water Technology:

http://www.watertechonline.com/wp-content/uploads/2015/08/iStock_000004880547_Large.jpg,

acedido em 20.01.2017.

ANEXOS

ANEXO A

**INQUÉRITO: EXTERNALIDADES AMBIENTAIS
E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Escorrências Rodoviárias e Desenvolvimento Sustentável

Este inquérito realiza-se no âmbito da dissertação de mestrado em Estudos de Gestão da Escola de Economia e Gestão da Universidade do Minho, subordinada ao tema "Impacto das Externalidades Ambientais no Desenvolvimento Sustentável: O Problema das Escorrências Rodoviárias".

Tem como objetivo avaliar a perceção da comunidade quanto às escorrências rodoviárias, bem como a sua receptividade a novas medidas que visem a melhoria das condições ambientais e que promovam o Desenvolvimento Sustentável.

A realização do inquérito demora menos de 5 minutos, estando garantido o anonimato. Não existem respostas certas ou erradas. O que nos importa é conhecer o seu ponto de vista.

***Obrigatório**

Secção sem título

Enquadramento e Caracterização da Mobilidade

1. **1. Como avalia os comportamentos e ações sustentáveis que a sociedade portuguesa apresenta nos dias de hoje? ***

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6		
Muito Mau	<input type="radio"/>	Muito Bom					

2. **2. Qual o impacto que as condições ambientais sentidas e vivenciadas no seu dia a dia têm na sua qualidade de vida? ***

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6		
Nulo	<input type="radio"/>	Muito Forte					

3. **3. No seu dia a dia, faz separação seletiva do lixo em casa? ***

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

4. **4. Como avalia o impacto do trânsito rodoviário na qualidade do ambiente? ***

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6		
Nulo	<input type="radio"/>	Muito Forte					

5. No seu entender, qual o impacto que o trânsito rodoviário apresenta na qualidade da água nas zonas envolventes? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	
Nulo	<input type="radio"/>	Muito Forte					

6. Está familiarizado com o termo "escorrências rodoviárias"? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

7. Qual a forma de deslocação que mais utiliza no seu dia a dia? *

Marcar apenas uma oval.

- Carro
 Autocarro
 Comboio
 A pé
 Bicicleta
 Outro

8. Quantos quilómetros faz, por semana, de carro? Se não utiliza carro, responda, por favor, 0 km. *

Marcar apenas uma oval.

- 0 km
 Menos de 50 km
 Entre 50 e 199 km
 Entre 200 e 499 km
 Entre 500 e 999 km
 1000 km ou mais

9. Com que frequência utiliza autoestradas? *

Marcar apenas uma oval.

- Diariamente
 1 a 3 vezes por semana
 Ocasionalmente
 Nunca

10. 10. Quanto gasta, semanalmente, em portagens, nas autoestradas? *

Marcar apenas uma oval.

- 0 euros
- Menos de 5 euros
- Entre 5 e 14 euros
- Entre 15 e 24 euros
- Entre 25 e 49 euros
- 50 euros ou mais

A Gestão das Escorrência Rodoviária

Os pavimentos das estradas apresentam elevados níveis de poluição. Quando chove, a água limpa-os, transportando os poluentes e acabando por contaminar os terrenos e cursos de água circundantes.

A este processo dá-se o nome de "escorrência rodoviária".

Tal contaminação tem elevados custos financeiros, sociais e ambientais, provocando graves problemas de saúde e afetando a qualidade de vida.

A implementação de sistemas de tratamento permite mitigar os impactos, reduzindo as cargas de poluentes das águas e contribuindo para a melhoria das condições de bem-estar das populações.

11. 11. Julga que seria benéfico que se investisse na implementação de sistemas de tratamento das escorrências rodoviárias? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

12. 12. Acha que os utentes das autoestradas deveriam dar um contributo para a implementação de sistemas de tratamento nestas vias? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

13. 12.1 Tendo em conta o seu rendimento líquido mensal e as suas despesas habituais, quanto estaria disposto a contribuir em relação ao preço atual da portagem? *

Marcar apenas uma oval.

- 0%
- Até 1%
- De 1 a 4%
- De 5 a 9%
- De 10 a 14%
- De 15 a 19%
- 20% ou mais

A importância de um Desenvolvimento Sustentável

Aquando do seu primeiro discurso como Secretário-Geral da ONU, António Guterres identificou o apoio ao Desenvolvimento Sustentável como uma das três grandes prioridades estratégicas do seu mandato.

14. **13. Na sua opinião, as ações que visem o Desenvolvimento Sustentável, em particular a melhoria da qualidade da água, devem ser uma prioridade nos próximos anos? ***

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

15. **13.1 Em caso afirmativo, quem deverá participar neste processo? Pode assinalar mais do que uma opção.**

Marcar tudo o que for aplicável.

- Políticos e decisores públicos
 Tecido empresarial
 Organizações e associações
 Cidadãos a título individual
 Outra: _____

Perfil do Inquirido

16. **Idade (anos) ***

17. **Sexo ***

Marcar apenas uma oval.

- Feminino
 Masculino

18. Distrito onde Reside **Marcar apenas uma oval.*

- Aveiro
- Beja
- Braga
- Bragança
- Castelo Branco
- Coimbra
- Évora
- Faro
- Guarda
- Leiria
- Lisboa
- Portalegre
- Porto
- Santarém
- Setúbal
- Viana do Castelo
- Vila Real
- Viseu

19. Habilitações Literárias **Marcar apenas uma oval.*

- Até ao 12.º ano de escolaridade
- Bacharelato
- Licenciatura
- Pós-Graduação
- Mestrado
- Doutoramento

20. Rendimento Líquido Mensal **Marcar apenas uma oval.*

- Não apresenta Rendimento Líquido Mensal
- Menos de 750 euros
- Entre 750 e 1499 euros
- Entre 1500 e 2499 euros
- Entre 2500 e 3499 euros
- Entre 3500 e 4499 euros
- 4500 euros ou mais

Com tecnologia

03/04/2017

Escorrências Rodoviárias e Desenvolvimento Sustentável



