



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Área Departamental de Engenharia Civil**

**ISEL**



## **Desativação de infraestruturas rodoviárias Metodologias utilizadas em países europeus**

**ROSA MARIA MARQUES CUSTÓDIO DE ALMEIDA**  
Bacharel em Engenharia Civil

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil  
na área de especialização de Vias de Comunicação e Transportes

**Orientador:**

Eng. Armando António Pereira Teles Fortes, Prof. Coord. do ISEL, Especialista do IPL

**Júri:**

Presidente: Mestre Paulo José de Matos Martins, Prof. Adjunto do ISEL, Especialista do IPL

Arguente: Eng. Luísa Ferreira Cardoso Teles Fortes, Prof. Adjunta do ISEL, Especialista do IPL

**Fevereiro de 2016**





**ISEL**

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Área Departamental de Engenharia Civil**



## **Desativação de infraestruturas rodoviárias Metodologias utilizadas em países europeus**

**ROSA MARIA MARQUES CUSTÓDIO DE ALMEIDA**  
Bacharel em Engenharia Civil

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil  
na área de especialização de Vias de Comunicação e Transportes

**Orientador:**

Eng. Armando António Pereira Teles Fortes, Prof. Coord. do ISEL, Especialista do IPL

**Júri:**

Presidente: Mestre Paulo José de Matos Martins, Prof. Adjunto do ISEL, Especialista do IPL

Arguente: Eng. Luísa Ferreira Cardoso Teles Fortes, Prof. Adjunta do ISEL, Especialista do IPL

**Fevereiro de 2016**



## Resumo

A necessidade de avaliação dos aspetos económicos, sociais e ambientais a longo prazo, determina que seja analisado o ciclo de vida das construções. No entanto, a desativação, como parte integrante do ciclo de vida das infraestruturas rodoviárias, tem sido negligenciada. Para inverter esta tendência, é necessário avaliar o potencial económico, técnico e ambiental do tratamento das infraestruturas nestas condições, desde as fases mais embrionárias dos processos de conceção e incluir as soluções a adotar nos projetos de construção das novas estradas. As opções passam pela renaturalização, reconversão para novas valências, e/ou pela reutilização/reciclagem dos materiais das zonas desmanteladas, na própria obra ou noutras obras.

Este trabalho pretende levar ao conhecimento geral, situações concretas onde a desativação de infraestruturas foi realizada com sucesso, quer em alguns países da Europa quer em Portugal, apresentando, quando há informação, o processo de desativação, as opções, os condicionalismos, as escolhas e o resultado final. Dá-se particular destaque a experiências de alguns países europeus, no desmantelamento e reutilização/reciclagem de materiais provenientes de infraestruturas rodoviárias aplicados novamente em ambiente rodoviário.

É também apresentado e analisado um caso de estudo relativo à desativação de troços, resultantes do alargamento da via existente onde não foi possível aproveitar a totalidade do traçado, relativo ao Lote 6 da Auto Estrada Transmontana, em Portugal, e que integra a E82 da rede rodoviária transeuropeia.

### **Palavras Chave:**

Retificação do traçado

Reutilização de materiais

Reconversão

Renaturalização

Reciclagem de materiais rodoviários



## **Abstract**

The long term need for economic, social and environmental aspects evaluation determines the roads life cycle analysis. However, decommissioning, as part of road infrastructure life cycle has been neglected. To reverse this trend, it becomes necessary to assess the potential economic, technical and environmental treatment of deactivated infrastructure, from the early stages of design processes and include the adopted solutions in new road construction projects. The options go through re-naturalization, conversion for other solutions, and/or the reuse/recycling of the materials from dismantled areas, in the road construction itself or in other roads.

This dissertation intends to provide general knowledge, from specific situations where the road infrastructure decommissioning were successfully made, in Portugal or in some European countries, presenting, when there is information, the decommissioning process, options, constraints, choices and the final result. It is given special highlight on some European countries experiences on the dismantling and reuse or recycling of road materials into new roads.

It is also presented and analyzed a case study on the deactivation of some sections resulting from the enlargement of the existing layout where it was not possible to make use of the entire route, on the Lote 6 of Transmontana Highway in Portugal, included on the E82 of the trans-european road network.

### **Keywords:**

Tracing correction

Reused materials

Conversion

Re-naturalization

Recycling road materials



## **Agradecimentos**

A todos os que acreditaram e que deram o seu contributo para a concretização deste trabalho.

O meu muito obrigada pelo apoio, pelo encorajamento, pela compreensão e acima de tudo pela paciência.



**Índice geral**

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivo e Metodologia.....	1
1.3. Estrutura do TFM.....	2
2. EMPENHO PARA UM PROGRESSO SUSTENTÁVEL EM CONTEXTO EUROPEU....	5
2.1. O posicionamento da Europa.....	5
2.2. Fatores que contribuem para o aumento da sustentabilidade da infraestrutura rodoviária.....	9
3. UMA NOVA ETAPA PARA A INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA.....	13
3.1. Considerações prévias.....	13
3.2. O ciclo das infraestruturas rodoviárias.....	14
3.2.1. Conceção.....	14
3.2.2. Construção.....	20
3.2.3. Operação.....	31
3.2.4. Desativação.....	33
3.3. Diferentes cenários de desativação de infraestruturas rodoviárias.....	34
3.3.1. Características desajustadas face aos parâmetros de segurança atuais.....	34
3.3.2. Ocorrência de fatores naturais.....	34
3.3.3. Abdicação de infraestruturas existentes.....	34
3.3.4. Vias redundantes.....	35
3.4. Utilizações compatíveis com as vias desativadas.....	38
4. METODOLOGIAS UTILIZADAS EM PAÍSES EUROPEUS.....	39
4.1. Considerações gerais.....	39
4.2. Renaturalização.....	39
4.2.1. Conceito e metodologias.....	39
4.2.2. Renaturalização em alguns países europeus.....	42
4.3. Requalificação/(Re)conversão.....	45
4.3.1. Conceitos e metodologias.....	45
4.3.2. (Re)conversão em alguns países europeus.....	48
4.4. Reutilização/Reciclagem dos materiais provenientes de infraestruturas rodoviárias.....	50
4.4.1. Reciclagem em ambiente rodoviário.....	52

4.4.2.	Materiais não ligados .....	54
4.4.3.	Materiais com ligantes hidráulicos.....	59
4.4.4.	Misturas Betuminosas .....	64
4.4.5.	Experiência de alguns países europeus na reutilização/reciclagem de materiais recuperados de infraestruturas rodoviárias .....	79
4.5.	Síntese das metodologias utilizadas em alguns países da europa .....	88
5.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE UM CASO DE ESTUDO – O LOTE 6 DA AUTOESTRADA TRANSMONTANA.....	91
5.1.	Introdução .....	91
5.2.	Renaturalização de troços desativados do antigo IP4, do Lote 6 da Autoestrada Transmontana.....	91
5.2.1.	Apresentação do Lote 6 da Autoestrada Transmontana .....	91
5.2.2.	Antecedentes e Pressupostos.....	92
5.2.3.	Características gerais do projeto.....	93
5.2.4.	Condicionantes.....	94
5.2.5.	Descrição geral do modo de execução da obra .....	95
5.2.6.	Imposições e Opções.....	98
5.2.7.	Materialização da desativação dos troços do IP4 interrompidos.....	98
5.2.8.	Outras Boas Práticas .....	103
5.2.9.	Balanço Final.....	103
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES .....	107
6.1.	Considerações finais .....	107
6.2.	Recomendações.....	108
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	109
	SITES CONSULTADOS .....	121

**Índice de Figuras**

Figura 3.1 – Ciclo de vida das construções (Pinheiro, 2006).....	14
Figura 3.2 – Efeitos ecológicos causados pela infraestrutura linear (Seiler, 2001 (traduzido) citado em ICNB, 2008) .....	16
Figura 3.3 – Exemplo de um perfil longitudinal de uma via (AE XXI, 2009).....	21
Figura 3.4 – Exemplo de pormenor do dreno sob a valeta (Coba, 2004) .....	24
Figura 3.5 – Exemplo de pormenor da drenagem do separador (Coba, 2004).....	24
Figura 3.6 – Estrutura de um pavimento rodoviário (Adaptado de Azevedo, s/ data).....	25
Figura 3.7 – Esquema exemplificativo da estrutura de um pavimento flexível (LNEC, 2005 citado em Reis, 2009 [28]) .....	26
Figura 3.8 – Esquema exemplificativo da estrutura de um pavimento rígido (LNEC, 2005 citado em Reis, 2009 [28]) .....	27
Figura 3.9 – Esquema exemplificativo da estrutura de um pavimento semirígido (LNEC, 2005 citado em Reis, 2009 [28]) .....	28
Figura 3.10 – Antigos viadutos M8, Escócia, Reino Unido (Google, 2015) .....	35
Figura 3.11 – Antigo ramo de ligação da A48(M)/M4, Reino Unido (Google, 2015) .....	36
Figura 3.12 – Troço desativado, devido à melhoria das características geométricas da estrada, EN120, Portugal .....	36
Figura 3.13 – Ilustração de troços a desativar por via da retificação do traçado .....	37
Figura 3.14 – PA existente numa parte da via desativada, antigo IP4, Portugal .....	37
Figura 4.1 – Antes e depois da renaturalização.....	40
Figura 4.2 – Recolonização natural num troço de via desativado (NRA, s/data) .....	41
Figura 4.3 – Devolução da antiga via para fins agrícolas (Highway Agency, 1997) .....	41
Figura 4.4 – Autoestrada A4, novo traçado e troço renaturalizado, Eisenach, Alemanha (Neumann, 2012).....	42
Figura 4.5 – Renaturalização da antiga ligação a Eisenach, A4, Alemanha.....	42
Figura 4.6 – Localização da zona renaturalizada, Jena, Alemanha (Franz, 2011) .....	43
Figura 4.7 – Desmantelamento da antiga A4, Jena, Alemanha (Zipel, 2015) [97].....	44
Figura 4.8 – Traçado da A3, antigo e novo em túnel, Reino Unido [41] .....	44
Figura 4.9 – A3, troço original em 2011 e renaturalizado em 2013, Devil’s Punchbowl, Reino Unido [41] .....	45
Figura 4.10 – Antiga EN374-2 desclassificada, Portugal (Google, 2015) .....	46

Figura 4.11 – Troço desativado a funcionar como acesso particular, Reino Unido (Highway Agency, 1997).....	46
Figura 4.12 – Troço desativado a funcionar como zona de descanso, Reino Unido (Highway Agency, 1997).....	47
Figura 4.13 – Antiga A100 e a zona verde que a substituiu (Google Maps, 2015), Alemanha .....	48
Figura 4.14 – À esquerda traçado da antiga M30, à direita a mesma zona requalificada, Madrid, Espanha [101].....	49
Figura 4.15 – A atual A2 (Google Maps, 2015) e a secção da obra em construção, Holanda [103] .....	49
Figura 4.16 – Localização da ponte romana (antiga EN369) e traçado da nova variante em Vila Formosa, Portugal (Google Maps, 2015).....	50
Figura 4.17 – Lado Nascente da Ponte de Vila Formosa e beneficiação da zona lateral da antiga via, Portugal (Jorge Brás, 2010) .....	50
Figura 4.18 – Técnicas de demolição, tratamento e reciclagem adaptáveis a infraestruturas desativadas (Adaptado de Mollenhaeuer, 2011) .....	65
Figura 4.19 – Diferentes estratégias de fim de vida dos materiais de pavimentos betuminosos, dados de 2013 expressos em % (EAPA, 2013) .....	66
Figura 4.20 – Esquema de funcionamento - Central betuminosa contínua com dispositivo de reciclagem (Adaptado de Mollenhaeuer, 2011) .....	73
Figura 4.21 – Esquema de funcionamento - Central betuminosa descontínua método a frio (Adição na unidade de mistura) (Adaptado de Mollenhaeuer, 2011).....	74
Figura 4.22 – Esquema de funcionamento - Central betuminosa descontínua método a frio (Adição contínua) (Adaptado de Mollenhaeuer, 2011) .....	74
Figura 4.23 – Esquema de funcionamento - Central betuminosa descontínua método a quente (Adaptado de Mollenhaeuer, 2011) .....	75
Figura 4.24 – Esquema de funcionamento - Central betuminosa descontínua método a quente (tambor paralelo) (Adaptado de Mollenhaeuer, 2011) .....	76
Figura 4.25 – Esquema de funcionamento - Central ContiMix (Adaptado de Mollenhaeuer, 2011).....	76
Figura 5.1 – Localização do Lote 6 da A4, Autoestrada Transmontana .....	92
Figura 5.2 – Perfil Longitudinal km 2+800 ao km 4+200 - Indicação da zona indisponível (AE XXI, Projeto de Execução Lote 6) .....	95
Figura 5.3 – Diagrama de Massas – km 0+000 até ao Nó do Romeu e Nó do Romeu até ao km 11+825 (CAET XXI, 2011) .....	99

## Índice de figuras

---

Figura 5.4 – Utilização das zonas do IP4 desativadas como depósito de terras (CAET XXI, Mar2012 (n.º 757)) .....	100
Figura 5.5 – Vista geral de uma zona do IP4 desativada utilizada como depósito definitivo.....	100
Figura 5.6 – Utilização das zonas desativadas como depósito – Vazadouro 6, PIP.....	100
Figura 5.7 – Demolição e britagem do material betuminoso dos troços desativados (CAET XXI. Jul2011 (n.º 627)) .....	102
Figura 5.8 – Material betuminoso britado aplicado em caminhos paralelos.....	102

**Índice de Quadros**

Quadro 3.1 – Características do projeto e respetivas implicações ambientais [17] .....	17
Quadro 3.2 – Estudos ambientais associados a cada fase do projeto [17] .....	18
Quadro 3.3 – Descrição das atividades incluídas nas obras acessórias [29] .....	29
Quadro 4.1 – Vantagens da reutilização/reciclagem de RCD [50] [51] .....	51
Quadro 4.2 – Instrumentos de controlo e percentagem de material reciclado aplicado em novas estradas em alguns países da europa [52] [53] .....	53
Quadro 4.3 – Reutilização/reciclagem de materiais não ligados em novas camadas não ligadas em alguns países da europa [53] .....	56
Quadro 4.4 – Experiência de alguns países europeus na reutilização/reciclagem de materiais com ligantes hidráulicos em novas camadas não ligadas [53] .....	57
Quadro 4.5 – Experiência de alguns países da europa na reutilização/reciclagem de misturas betuminosas em camadas não ligadas [53] .....	58
Quadro 4.6 – Práticas de alguns países europeus na reciclagem de materiais não ligados em novas camadas de misturas com ligantes hidráulicos [52] .....	61
Quadro 4.7 – Reciclagem de materiais com ligantes hidráulicos em novas camadas de misturas com ligantes hidráulicos em alguns países da europa [52] [59] .....	62
Quadro 4.8 – Reciclagem de material betuminoso recuperado em camadas de misturas com ligantes hidráulicos [52] [59] .....	63
Quadro 4.9 – Aplicações habituais em novas misturas betuminosas a quente em diversos países da europa [62] .....	68
Quadro 4.10 – Aplicações habituais em novas misturas betuminosas a frio e semi-quente em diversos países da europa [62] .....	69
Quadro 4.11 – Técnicas de demolição de pavimentos betuminosos existentes [61] .....	70
Quadro 4.12 – Percentagens máximas de material reciclado em função do tipo de central e do método de adição do material a reciclar [62] .....	77
Quadro 4.13 – Número de centrais de produção de misturas betuminosas em países europeus em 2013 [60] .....	77
Quadro 4.14 – Resumo das novas aplicações dadas aos materiais provenientes de infraestruturas rodoviárias na Alemanha [52] [53] [67] .....	80
Quadro 4.15 – Resumo das novas aplicações dadas aos materiais provenientes de infraestruturas rodoviárias na Suécia [73] .....	84

Quadro 4.16 – Métodos de reciclagem em central e principais aplicações de misturas recicladas na Suécia [73].....	85
Quadro 4.17 – Exemplos de reciclagem de materiais provenientes de pavimentos antigos em alguns países da europa .....	86
Quadro 4.18 – Resumo das proveniências e novas aplicações dos materiais provenientes de antigas infraestruturas rodoviárias [56].....	89
Quadro 5.1 – Quantidade de material betuminoso e ABGE dos troços desativados.....	101
Quadro 5.2 – Quadro resumo de outras boas práticas na utilização de materiais.....	103
Quadro 5.3 – Resumo das ações realizadas no Lote 6 .....	104

## **Siglas e abreviaturas**

ABGE	Agregado Britado de Granulometria Extensa
AEXXI	Auto Estradas XXI
AIA	Avaliação de Impacte Ambiental
BAFO	Best and final offer
CAET	Construtora Auto-Estrada Transmontana
CA	Comissão de Avaliação
CE	Comissão Europeia
CEE	Comunidade Económica Europeia
CETO	Caderno de Encargo Tipo Obra
CORDIS	Community Research and Development Information Service
DIA	Declaração de Impacte Ambiental
EAP	Environment Action Programme
EAPA	European Asphalt Pavement Association
EIA	Estudo de Impacte Ambiental
EP	Estradas de Portugal
EM	Estada Municipal
EN	Estrada Nacional
FEHRL	Forum of European National Highway Research Laboratories
FWD	Falling Weight Deflectometer (Deflectómetro de impacto)
GPR	Ground Penetrating Radar (Radar de penetração no solo)
HA	Highways Agency (Reino Unido)
HMA	Hot Mix Asphalt
IP	Infraestruturas de Portugal
IPx	Itinerário Principal n.º x
ITDP	Institute for Transportation & Development Policy
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
NRA	National Roads Authority (Irlanda)
PA	Passagem Agrícola
PDA	Proposta de definição de Âmbito
PE	Projeto de Execução
PH	Passagem Hidráulica
PIP	Plano de Integração Paisagística

PRN	Plano Rodoviário Nacional
Pk	Perfil Quilométrico
PS	Passagem Superior
PVC	Policloreto de vinil (Polyvinyl chloride)
RA	Reclaimed Asphalt
RDC	Resíduo de Demolição e Construção
RECAPE	Relatório de Conformidade Ambiental do Projeto de Execução
SAMARIS	Sustainable and Advanced Material for Road Infrastructure
UE	União Europeia
WMA	Warm Mix Asphalt



## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Enquadramento**

As preocupações ambientais a nível global, em particular as limitações das emissões de gases com efeito de estufa, o esgotamento dos recursos naturais e o uso racional da energia, associadas a uma limitação dos recursos financeiros disponíveis para infraestruturas de transportes, impõem uma nova abordagem no planeamento, projeto, construção, operação, manutenção e desativação destas infraestruturas, em particular as infraestruturas rodoviárias, objeto deste trabalho.

Diversos países desenvolveram boas práticas que visam a promoção do desenvolvimento sustentável do sector dos transportes, em particular no que respeita à infraestrutura rodoviária, tendo por base o envolvimento, a participação e a responsabilização dos diversos intervenientes, abordando-os desde as fases mais prematuras dos empreendimentos.

A desativação de vias rodoviárias, autoestradas (urbanas, ou não), vias rápidas, estradas nacionais, municipais, regionais ou outras, aparece tradicionalmente “no fim da linha”, é a última etapa do ciclo de vida das infraestruturas, mas surge acima de tudo como parte integrante do desenvolvimento sustentável que se pretende, assumindo uma relevância estratégica na definição do empreendimento, revestindo-se de múltiplas opções no sentido da sua concretização.

Nesta perspetiva, este trabalho aborda esta temática através da apresentação de situações concretas e da análise de um caso de estudo no contexto da desativação de troços de uma infraestrutura rodoviária nacional.

### **1.2. Objetivo e Metodologia**

É objetivo deste trabalho compilar estratégias, na Europa, e apresentar exemplos de desativação de vias rodoviárias em que se procedeu, com sucesso, ao seu aproveitamento, à reutilização dos seus materiais ou à devolução do espaço às suas condições naturais iniciais, enquadrando-as nas necessidades globais de contribuição para um desenvolvimento sustentável.

Adicionalmente, este trabalho pretende suscitar, pela sua abordagem, uma maior sensibilização dos intervenientes nas diversas fases do desenvolvimento de empreendimentos rodoviários, independentemente da sua dimensão, estimulando a procura de soluções que passam pelo envolvimento, compromisso e responsabilização

das várias áreas da Sociedade Civil, Administração Pública Central e Local, Donos de Obra, e sector privado através designadamente dos Empreiteiros.

A metodologia utilizada para a elaboração deste trabalho baseou-se numa pesquisa de informação documental de situações concretas de desativação de infraestruturas rodoviárias em países europeus, a qual conduziu ao estudo e análise do enquadramento das seguintes componentes:

- Como evoluiu a postura da Europa para o alcance do progresso sustentável;
- Como é levada a efeito a avaliação dos aspetos económicos, sociais e ambientais da infraestrutura rodoviária com vista à sua sustentabilidade;
- Em que medida os países europeus revistos nos casos concretos entendiam importante a desativação como parte do processo de planeamento e de que instrumentos se socorriam para o seu cumprimento;

A informação analisada permitiu o estabelecimento dos cenários mais comuns em que ocorre a desativação de infraestruturas rodoviárias, a enumeração dos fatores a avaliar para a escolha de utilizações compatíveis para as vias desativadas e a definição e caracterização dos modelos de desativação praticados: Renaturalização, Requalificação/(Re)Conversão e Reutilização/Reciclagem dos materiais existentes.

Enquadrado na desativação de troços devido ao alargamento da secção corrente, foi analisado o caso do Lote 6, da Autoestrada Transmontana. O projeto de execução deste empreendimento foi desenvolvido de modo a aproveitar sempre que possível o traçado original da via existente, procedendo ao alargamento necessário, mantendo as obras de arte existentes, otimizando os volumes de movimentação de terras, e, considerando a desativação/renaturalização dos troços redundantes no Estudo de Impacte Ambiental. Neste sentido, foram analisadas e apresentadas as condicionantes existentes na fase de execução do Lote 6, as opções para a concretização da desativação dos troços e como esta foi efetivamente executada.

### **1.3. Estrutura do TFM**

O trabalho é constituído por seis capítulos, cujos conteúdos se descrevem sinteticamente nesta secção.

Na Introdução, Capítulo 1, é realizado o enquadramento geral do trabalho, definem-se os principais objetivos, descreve-se a metodologia adotada e apresenta-se um resumo da estrutura do trabalho.

No Capítulo 2, “Empenho para um progresso sustentável em contexto europeu”, apresenta-se o percurso das políticas ambientais europeias enquadrando o suporte

proporcionado no âmbito da investigação, desenvolvimento e inovação. São também referidos os fatores que contribuem para o aumento da sustentabilidade da infraestrutura rodoviária.

No Capítulo 3, “Uma nova etapa para a infraestrutura rodoviária”, são mostradas e desenvolvidas as várias fases do ciclo de vida da infraestrutura rodoviária. São apresentados os diversos cenários de desativação e possíveis opções para que a desativação deixe de ser o fim e se transforme numa nova oportunidade.

O Capítulo 4, “Metodologias utilizadas em países europeus”, refere-se a diversas experiências de que há registo em alguns países da Europa. É feita uma descrição das metodologias praticadas, e são apresentadas algumas situações concretas de cada uma delas, levadas a efeito em alguns países da Europa.

No Capítulo 5, “Apresentação e análise de um caso de estudo – O Lote 6 da Autoestrada Transmontana”, é realizada a apresentação e análise do caso da desativação de troços interrompidos do antigo IP4 pelo traçado da nova A4, no Lote 6, da Autoestrada Transmontana, onde se procurou atender de forma particular ao aproveitamento do espaço e dos seus materiais.

No Capítulo 6, “Considerações finais e recomendações”, são apresentadas as principais conclusões do trabalho e são feitas referências a trabalhos a desenvolver no futuro que poderão contribuir positivamente no âmbito do tema.

Refere-se também que são apresentadas as referências bibliográficas e os sites consultados, que serviram de base a este trabalho.



## **2. EMPENHO PARA UM PROGRESSO SUSTENTÁVEL EM CONTEXTO EUROPEU**

As crescentes preocupações demonstradas com os problemas de carácter ambiental foram impondo uma consciencialização para a necessidade de um progresso sustentável, nomeadamente no sector dos transportes, e em particular, nas infraestruturas rodoviárias.

O caminho para a sustentabilidade da infraestrutura rodoviária passa pela avaliação dos aspetos económicos, sociais e ambientais a longo prazo.

### **2.1. O posicionamento da Europa**

A União Europeia que hoje se conhece teve as suas origens no rescaldo da 2ª Guerra Mundial.

Em 1958 foi criada a Comunidade Económica Europeia (CEE), cujo principal fim era a cooperação económica, traduzida na interdependência económica entre os 6 estados membros fundadores, Alemanha, Bélgica, França, Itália, Luxemburgo e Países Baixos. Atualmente a União Europeia é uma parceria económica e política entre 28 países europeus. [82]

As ações em matéria de ambiente, que tiveram o seu início num conjunto de medidas técnicas independentes das demais políticas, evoluíram gradualmente para uma abordagem holística e integrada com vista à concretização de objetivos comuns tanto a nível económico como ambiental. [1]

Com efeito, a Política Ambiental Europeia atual abrange quase totalmente o espectro de assuntos do fórum ambiental. [2]

Em virtude do pressuposto com que foi criada a CEE, “promover um desenvolvimento harmonioso das atividades económicas” (Tratado de Roma, 1957, art.º 2º) [3], os assuntos ambientais tiveram pouca relevância, até à Cimeira de Paris (outubro de 1972) onde se reconheceu a necessidade da proteção do meio ambiente e onde os Chefes de Estado e de Governo “sublinharam a importância de uma Política Comunitária de Ambiente”. [4]

Após a primeira conferência das Nações Unidas sobre Ambiente, realizada em junho de 1972 em Estocolmo e na sequência da Cimeira de Paris foi adotado o

Primeiro Programa de Ação em matéria de Ambiente<sup>1</sup> (1973-1976), onde foram definidos os princípios que guiarão as políticas no futuro.

A este programa seguiram-se:

- Segundo Programa de Ação em matéria de Ambiente (1977-1981);
- Terceiro Programa de Ação em matéria de Ambiente (1982-1983).

Estas primeiras ações comunitárias “assentavam numa abordagem vertical e sectorial dos problemas ambientais”. Os atos legislativos decorrentes consistiam fundamentalmente “em limitar a poluição através da introdução de normas mínimas, nomeadamente em matéria de gestão de resíduos e de poluição da água e da atmosfera”. Basicamente, o quadro legislativo tinha por objetivo a proteção do ambiente através da luta contra a poluição. [5]

A mudança decisiva aconteceu em 1986, com a aprovação do Ato Único Europeu, assumindo como objetivo, em matéria de ambiente:

- *Preservar, proteger e melhorar a qualidade do ambiente;*
- *Contribuir para a proteção da saúde das pessoas;*
- *Assegurar uma utilização prudente e racional dos recursos naturais.* [6]

Nesse mesmo documento a Comunidade fundamentava a sua ação em matéria de ambiente, “*nos princípios da ação preventiva, da reparação, prioritariamente na fonte, dos danos ao ambiente e no princípio do poluidor-pagador. As exigências em matéria de proteção do ambiente são uma componente das outras políticas da Comunidade*”. (Resolução da Assembleia da República n.º 32/86, art.º 130º) [6]

O Quarto Programa de Ação (1987-1992) foi caracterizado pela assunção de que as políticas ambientais tinham que ser integradas nas demais políticas, nomeadamente agricultura, concorrência e desenvolvimento. [2]

A estratégia abordada no Quarto Programa de Ação foi formulada no Quinto Programa de Ação (1993-2000) intitulado “Towards Sustainability” (Para um desenvolvimento sustentável).

Este Quinto Programa de Ação em matéria de Ambiente “marcou o início de uma ação comunitária transversal, atenta a todos os fatores de poluição (indústria, energia, turismo, transportes e agricultura)”, baseada nos seguintes princípios:

- *“Adoção de uma abordagem global e voluntarista que implique os diferentes intervenientes e as atividades que afetam os recursos naturais ou prejudicam o ambiente;*

---

<sup>1</sup> Do inglês: Environment Action Programme (EAP)

- *Intenção de inverter as tendências e práticas da geração atual e das gerações futuras que sejam prejudiciais para o ambiente;*
- *Favorecer a alteração dos comportamentos sociais através da participação de todos os envolvidos (poderes públicos, cidadãos, consumidores, empresas ...);*
- *Definição de uma partilha de responsabilidades;*
- *Utilização de novos instrumentos ambientais.” [5]*

Esta posição, definida inicialmente no Tratado da União Europeia:

- *“Complementar a regulamentação com o reforço da participação e da corresponsabilização de todos os atores;*
- *Abordagem das questões ambientais integrada nas políticas sectoriais;*
- *Adoção de instrumentos complementares à regulação – instrumentos económicos.” [3]*

Foi reforçada pelo Tratado de Amesterdão, em vigor desde 1999, que veio eleger como prioridade a promoção do Desenvolvimento Sustentável [7], passando a atuar em plano transversal nos outros domínios, além do ambiental.

Contudo, e apesar da evolução alcançada no quadro legislativo, o progresso na integração do ambiente nas outras políticas europeias foi modesto, e a União Europeia (UE) estava ainda longe de alcançar o “Desenvolvimento Sustentável” estabelecido no Tratado de Amesterdão. [8]

O Sexto Programa de ação em matéria de ambiente (2002-2012) intitulado “Environment 2010: Our future, our choice” (Ambiente 2010: Nosso Futuro, Nossa Escolha) veio definir as prioridades da UE, no período entre 2002 e 2010, em quatro domínios:

- *“Alterações climáticas;*
- *Natureza e biodiversidade;*
- *Ambiente e saúde e qualidade de vida;*
- *A gestão dos recursos naturais e dos resíduos.”*

Neste programa foram traçados objetivos e medidas, de ação transversal, relativamente às prioridades definidas, com destaque para a consciencialização dos cidadãos e autoridades, sensibilização para a participação do público para as matérias de ambiente, análise dos custos e benefícios com vista à internalização dos custos ambientais e o aperfeiçoamento dos conhecimentos científicos através da investigação e do desenvolvimento tecnológico. [9]

O Sexto programa terminou em julho de 2012, tendo ficado por aplicar muitas ações e medidas lançadas no seu âmbito. Apesar dos progressos e benefícios, persistem tendências insustentáveis nos quatro domínios prioritários definidos.

O Sétimo Programa de ação em matéria de ambiente, intitulado “Living well, within the limits of our planet” (Viver bem, dentro dos limites do nosso planeta), entrou em vigor em julho de 2013 e terminará em dezembro de 2020. Este programa define 9 objetivos prioritários:

- a) *“Proteger, conservar e reforçar o capital natural da União;*
- b) *Tornar a União uma economia hipocarbónica, eficiente na utilização dos recursos, verde e competitiva;*
- c) *Proteger os cidadãos da União contra pressões de carácter ambiental e riscos para a saúde e o bem-estar;*
- d) *Maximizar os benefícios da legislação da União relativa ao ambiente melhorando a sua aplicação;*
- e) *Melhorar a base de conhecimentos e de dados da política de ambiente da União;*
- f) *Assegurar investimentos para a política relativa ao ambiente e ao clima e abordar as externalidades ambientais;*
- g) *Melhorar a integração e a coerência das políticas no domínio do ambiente;*
- h) *Aumentar a sustentabilidade das cidades da União;*
- i) *Melhorar a eficácia da União na resposta aos desafios internacionais em matéria de ambiente e clima.” [10]*

Este programa deverá apoiar o alcance dos objetivos em matéria de ambiente e de alterações climáticas que a UE já acordou, tentando adicionalmente cumprir as ações pendentes do 6º programa concretizando os objetivos agora emanados.

A evolução estratégica, combinada com os compromissos mundiais em matéria ambiental, veio impor a necessidade de investigação no sentido do desenvolvimento de tecnologias que fossem ao encontro de práticas mais sustentáveis.

Com vista à concretização das sucessivas metas estabelecidas, a UE tem vindo a incentivar o desenvolvimento tecnológico e a inovação desde 1990, nas mais diversas áreas, ao abrigo de Programas de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico, (co)financiando diversos projetos. [83]

À data, está em curso o programa Horizon 2020 que decorrerá até 2020. Este programa financiará projetos que promovam os objetivos fixados na Estratégia Europa

2020 [84]“(…) *crescimento inteligente, sustentável e inclusivo, salientando o papel da investigação e da inovação como fatores determinantes da prosperidade social e económica e da sustentabilidade ambiental (...)*” (Regulamento (UE) n.º 1291/2013 de 11 de dezembro de 2015) [11]

Dos projetos (co)financiados pela UE, o sector dos transportes, com principal incidência nas infraestruturas rodoviárias, tem contribuído para o alcance dos objetivos definidos, nomeadamente pela pesquisa de materiais e tecnologias que promovem e fomentam a redução do consumo energético, a limitação das emissões de gases com efeito de estufa, o aumento da tendência para a descarbonização, a diminuição do uso de materiais naturais e a redução de resíduos de construção de demolição a colocar em aterros.

## **2.2. Fatores que contribuem para o aumento da sustentabilidade da infraestrutura rodoviária**

A sustentabilidade é uma característica da atividade humana, um indicador que avalia a capacidade de uma atividade se desenvolver ao longo de várias gerações, consumindo os recursos estritamente necessários, de forma que o desenvolvimento dessa atividade no presente não comprometa o seu desenvolvimento no futuro. [12]

A evolução do conceito de sustentabilidade é fruto da consciencialização da sociedade no sentido da autoanálise do comportamento humano e da conclusão de que os impactes de uma determinada atividade resultam de um processo produtivo que envolve materiais, resíduos, emissões e tecnologias, sem que seja possível isolar qualquer um deles. [13]

De acordo com Maestro e Ibáñez, [14] para se proceder à correta avaliação da sustentabilidade da infraestrutura rodoviária, vista como um produto final, é necessário estabelecer previamente um modelo de quantificação e tratamento que permita analisar o ciclo de vida em função dos critérios de valorização e ponderação a aplicar.

A quantificação para a avaliação da sustentabilidade é feita pelo levantamento de todos os aspetos considerados relevantes. A atividade (ou produto final) desenvolve-se num determinado espaço de tempo, ao longo do qual se produzem todas as circunstâncias previsíveis e se manifestam todos os aspetos valorizáveis. Este período de tempo coincide com o ciclo de vida, que é apresentado mais detalhadamente no subcapítulo 3.2.

A infraestrutura rodoviária tem, ao longo da sua vida útil, um balanço de consumos (gasto-economia) e impactes ambientais necessários (deterioração-mitigação/correção) para a sua produção (execução/construção), utilização, manutenção e desativação/demolição.

A avaliação da sustentabilidade atravessa as diversas fases do ciclo de vida da infraestrutura, adquirindo maior expressão nas fases de conceção e construção.

Na fase de conceção são emanados os princípios que determinam o projeto a construir, nomeadamente:

- A permeabilidade da infraestrutura de forma a permitir os restabelecimentos dos cursos de água e os movimentos faunísticos;
- A boa integração das obras de arte na paisagem;
- As inclinações longitudinais preconizadas minimizam o consumo de combustível;
- O equilíbrio dos movimentos de terras, as alturas dos aterros, as distâncias de transporte e os eventuais depósitos de materiais;
- A redução dos custos de operação, manutenção e conservação.

Deverá ser feito, nesta fase, o primeiro balanço de consumos de combustíveis do ponto de vista dos utentes, em função das inclinações longitudinais da via, para o período de vida útil.

No projeto deverão ser consideradas soluções técnicas que contribuam, por um lado, para o aumento do ciclo de vida e, por outro, para a redução das intervenções durante esse espaço de tempo. Nesta fase devem ser ponderados os seguintes aspetos:

- As soluções técnicas para a construção das obras de arte  
Além da solução para a construção, betão armado, pré-fabricado, pré-esforçado, entre outros, há que ter em consideração os custos de conservação, e, manutenção e a eventual reutilização dos materiais após desativação.
- Otimização dos movimentos de terras  
Dar preferência à utilização dos materiais provenientes da linha ainda que tenham que ser tratados para aquisição das características técnicas exigidas.
- Escolha do tipo de pavimento  
Além da definição da estrutura do pavimento há que ponderar as técnicas de reabilitação e eventual desativação considerando a reciclagem dos materiais.

A contribuição para a sustentabilidade na fase de construção faz-se do ponto de vista económico, pela escolha de procedimentos de execução perfeitamente adequados, onde se incluem a escolha dos equipamentos e meios auxiliares (esta escolha está intimamente ligada aos consumos/custos com combustíveis). O incremento da produtividade na execução dos trabalhos constitui também uma contribuição significativa para a diminuição dos custos.

Outra vertente da otimização ao nível da execução é a implementação de Planos de Qualidade, Ambiente e Segurança. Estes documentos permitem monitorizar, nestes âmbitos, com a frequência definida nos planos, as ações consideradas relevantes durante a execução dos trabalhos.

Quando se aborda a sustentabilidade de uma via de comunicação terrestre, é preciso acima de tudo considerá-la um investimento de longo prazo, já que o custo da sua construção é simplesmente o custo do investimento inicial. O custo real, o custo total para a sociedade, é o custo total de todas as atividades necessárias durante o período de vida da infraestrutura. [14]



### **3. UMA NOVA ETAPA PARA A INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA**

#### **3.1. Considerações prévias**

As Infraestruturas rodoviárias são o conjunto das instalações necessárias ao funcionamento das vias de comunicação terrestre constituídas por estradas, pontes, viadutos, túneis e seus respectivos elementos funcionais. [15]

As redes rodoviárias constituem a infraestrutura de transportes mais importante para o desenvolvimento global de qualquer país. Pelo princípio da continuidade [15], as redes rodoviárias estruturaram-se e desenvolvem-se “num conjunto de grandes eixos e vias de importância progressivamente menor, de modo a assegurar as adequadas acessibilidades a qualquer ponto do território.” É ainda a rede rodoviária que completa a cobertura do território fazendo interface com as restantes infraestruturas de transporte existentes. [16]

As acessibilidades geradas pelas infraestruturas rodoviárias contribuem, assim, para o aumento da mobilidade e do desenvolvimento económico e social dos espaços onde estão inseridas, devido ao fator de aproximação geográfica que as vias rodoviárias fomentam. [17]

O desenvolvimento das redes rodoviárias reflete-se no adensamento da malha, pelo aumento do número de quilómetros de rodovias, e na organização e hierarquização das vias na rede adequando sucessivamente as infraestruturas às necessidades. Associadas a essa evolução foram sendo introduzidas alterações das características exigidas aos diferentes tipos de via, designadamente no que refere ao traçado, de modo que as vias permitam simultaneamente velocidades mais elevadas e maior segurança na circulação. [16]

As infraestruturas rodoviárias são administradas por organismos estatais (nacionais, regionais ou locais) [85], ainda que alguns troços da rede possam estar atribuídos a entidades privadas, em regime de (sub)concessão por um determinado período de tempo. [17]

### 3.2. O ciclo das infraestruturas rodoviárias

“A forma como as estruturas construídas são obtidas e erigidas, usadas e operadas, mantidas e reparadas, modernizadas e reabilitadas, e finalmente desmanteladas (e reutilizadas) ou demolidas (e recicladas), constituem o ciclo completo das atividades construtivas sustentáveis”.

O ciclo de vida de uma construção, conforme se esquematiza na Figura 3.1 é o tempo que perdura desde a sua conceção até à sua desativação, mais comumente denominada “desconstrução”, ou, eventual, renovação. [13]

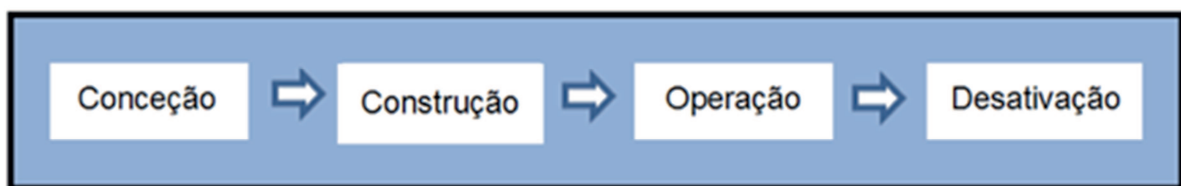


Figura 3.1 – Ciclo de vida das construções (Pinheiro, 2006)

#### 3.2.1. Conceção

No caso concreto das infraestruturas rodoviárias, a decisão de construir uma nova estrada, desencadeia um processo de conceção que conduz a um projeto que servirá de base à execução da obra.

Os estudos e projetos a realizar para a execução de uma obra rodoviária são desenvolvidos de acordo com determinadas fases, em função da sua aplicabilidade, devendo cumprir os princípios de sustentabilidade ambiental e a demais legislação específica em vigor. As fases dos estudos e projetos a desenvolver são, habitualmente, as seguintes: (Lei n.º 34/2015 – art.º 5º e art.º 6º) [18]

a) Estudo de Planeamento

“Consiste na conceção de um sistema rodoviário para um determinado horizonte territorial e temporal, bem como na definição das características e dimensões consideradas adequadas e necessárias, com vista ao ordenamento da rede de transportes”

b) Estudo Prévio

“Consiste no levantamento e análise dos elementos necessários à definição de diferentes opções, com o objetivo de analisar e comparar os respetivos efeitos e propor as alternativas mais convenientes”

c) Projeto Base

“Consiste no desenvolvimento do corredor aprovado em estudo prévio e destina-se a permitir antecipar a análise e o estudo de soluções adequadas a desenvolver em maior grau de pormenor e, de um modo geral, fixar em definitivo os pressupostos a que deve obedecer a continuação do estudo sob a forma de projeto de execução”

d) Projeto de Execução

“Consiste no desenvolvimento completo da melhor solução, obtida a partir do estudo prévio ou do projeto base, com o detalhe necessário à sua construção e posterior exploração”

De acordo com Guia Técnico para a elaboração de Estudos no âmbito da Avaliação de Impacte Ambiental de Infraestruturas Rodoviárias [17], as fases dos estudos e projetos atrás referidas aplicam-se às intervenções características do sector rodoviário, as quais envolvem uma grande variedade de ações, com os seus trabalhos específicos, e que são concretamente:

Implantação de novas vias

A implantação de novas vias, com a tipologia definida, após as expropriações necessárias, envolve os trabalhos de movimentação de terras, obras de drenagem, pavimentação, iluminação, telecomunicações, instalação de vedações, sinalização, atividades paisagísticas, construção de obras de arte correntes ou especiais, execução de restabelecimentos e outras condições necessárias.

Alargamento da via, com ou sem remodelação

O alargamento da via envolve o alargamento de áreas adjacentes à plataforma existente, no troços onde se pretende implantar novos dispositivos, quer de intersecção, travessia e retorno, contemplando a correção de curvas e a reformulação de intersecções.

Remodelação e/ou beneficiação da via com alteração de traçado

A remodelação e/ou beneficiação da via com alteração de traçado inclui as alterações de traçado localizadas e a implantação de novos dispositivos de intersecção, isto é, ramos dos nós de ligação, ramais de acesso, cruzamentos e entroncamentos, que ficarão fora da via.

A remodelação e/ou beneficiação envolve os trabalhos que visam a reparação da estrada, desde o pavimento à terraplenagem, incluindo a drenagem, obras de arte correntes e especiais, sinalização, iluminação e obras complementares. Envolve ainda as alterações de traçado necessárias à melhoria da geometria da estrada ou à introdução de novos troços de variantes, em áreas urbanas.

Nesta categoria está ainda a correção de curvas e a reformulação das intersecções.

O alargamento da via com ou sem remodelação e a remodelação e/ou beneficiação da via com ou sem alteração do traçado são intervenções que ocorrem já na fase de operação da via inicial, embora os seus projetos sigam as mesmas fases dos projetos das vias novas. [17]

Em termos ambientais, pelas suas características lineares, a construção de rodovias traduz-se em impactes significativos no meio em se insere, destacando-se, além da perda e alteração de habitat, o efeito de barreira, a mortalidade por atropelamento, a poluição, a perturbação e o efeito de orla, o efeito de exclusão, a predação, a criação de novos nichos e corredores de dispersão, conforme se representa esquematicamente na Figura 3.2. [19]

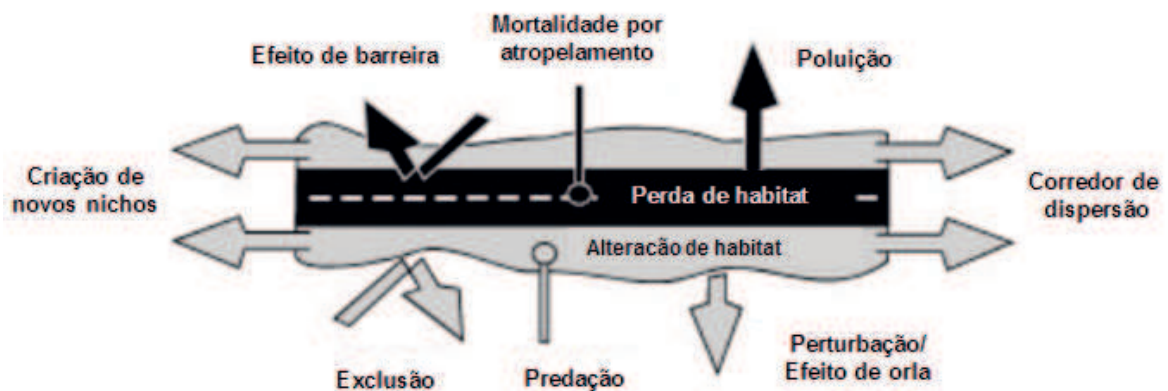


Figura 3.2 – Efeitos ecológicos causados pela infraestrutura linear (Seiler, 2001 (traduzido) citado em ICNB, 2008)

Aos diferentes tipos de intervenções rodoviárias está associado um determinado conjunto de atividades de projeto cujas ações têm implicações ambientais. [20] [21]

No Quadro 3.1 são apresentadas as principais características do projeto rodoviário e discriminadas as respetivas implicações ambientais. [17]

Quadro 3.1 – Características do projeto e respetivas implicações ambientais [17]

Características do projeto	Principais implicações ambientais
<p><b>Traçado</b></p> <p>- <u>Movimentação de terras</u> (associada à implantação da via, alargamento, nós, entre outros)</p> <p>- <u>Obras de arte</u> (Pontes, viadutos, túneis, e obras de arte correntes)</p>	<p>Alteração do uso do solo e respetivas condicionantes;</p> <p>Trabalhos de desmatção, corte de árvores, ripagens, fundações e compactações a eles associados;</p> <p>Alteração de caminhos e vias, transporte de materiais, descarga e espalhamento;</p> <p>Impactes na hidrologia devido à alteração de processos de infiltração e de recarga de aquíferos e de possíveis rebaixamentos dos níveis freáticos devido a alteração das cotas dos terrenos;</p> <p>Impactes nos recursos geológicos, por atravessamento de formações;</p> <p>Impactes por desmonte de materiais, eventual recurso a explosivos, e eventuais volumes de movimentação de terras elevados;</p> <p>Impactes por instabilidade de taludes, e erosão dos taludes;</p> <p>Perda irreversível de solos, decorrentes de erosão, compactação de solos, ocupação de áreas agrícolas e florestais;</p> <p>Impactes em áreas protegidas (RAN, REN)</p> <p>Efeito de barreira, para fauna, pessoas e atividades;</p> <p>Implicações no património;</p> <p>Afetação da paisagem.</p>
<p><b>Pavimento</b></p> <p><u>Tráfego</u></p>	<p>Implicações negativas devido às emissões atmosféricas das centrais, especialmente em zonas habitadas;</p> <p>Implicações socioeconómicas devido ao tráfego desviado e ao tráfego gerado;</p> <p>Impacto do tráfego, se existirem trineis extensos e inclinados;</p> <p>Implicações positivas por via da melhoria das acessibilidades, a quando da execução de restabelecimentos;</p> <p>Manutenção das acessibilidades por passagens superiores ou inferiores;</p> <p>Impactes regionais/concelhios (demográficos, económicos e sociais);</p> <p>Impactes locais (alteração das acessibilidades, afetação das unidades funcionais existentes);</p> <p>Impactes no ordenamento;</p> <p>Impactes pelas emissões atmosféricas e sonoras devido ao tráfego.</p>
<p><b>Drenagem</b></p> <p>Viadutos, pontes, pontões, passagens hidráulicas, outros órgãos de drenagem, valas, entre outras</p>	<p>Alterações na drenagem superficial natural;</p> <p>Interceção de linhas de água;</p> <p>Desvio de linhas de água;</p> <p>Riscos de inundações devido a obstáculos (ainda que temporários).</p>

Quadro 3.2 – Características do projeto e respetivas implicações ambientais (Cont.) [17]

Características do projeto	Principais implicações ambientais
<b>Obras acessórias</b> Vedações caminhos paralelos, obras de contenção, serviços afetados, iluminação	Vedações induzem o efeito de barreira; Implicações socioeconómicas negativas no caso de afetação de serviços de água, luz, gás, entre outros; Impacto da luminescência em zonas onde anteriormente não havia luz.
<b>Expropriações</b>	Implicações socioeconómicas por perda de rendimentos; Implicações culturais, especialmente em meios rurais de forte ligação à terra.
Estaleiros; Áreas de empréstimos; Depósitos de terras	Implicações negativas por derrames acidentais e ocupação temporária de solos.

Fonte: EP, 2009

Com vista a garantir a antecipação das implicações mais expectáveis no processo de decisão, o desenvolvimento do projeto rodoviário é acompanhado em paralelo com estudos ambientais. No Quadro 3.3, identificam-se os estudos ambientais recomendados associados a cada fase do projeto. [17]

Quadro 3.3 – Estudos ambientais associados a cada fase do projeto [17]

Desenvolvimento do projeto rodoviário	Estudo ambiental recomendado
Estudo de planeamento	Estudo Preliminar de Impacte Ambiental (*) Estudo de Viabilidade Ambiental (*)
Estudo prévio	Proposta de definição do âmbito (PDA) facultativo Estudo de Impacte Ambiental (EIA)
Projeto de execução	Relatório de Conformidade Ambiental com o Projeto de Execução (RECAPE) Plano de Prevenção e Gestão dos RCDs

Fonte: EP, 2009

(\*) Em Portugal, estes estudos são desenvolvidos por opção da IP

Assim, após a aprovação dos estudos de viabilidade, é desenvolvido o estudo prévio, sendo desejável executar nesta fase o respetivo Estudo de Impacte Ambiental (EIA), sendo então este sujeito ao procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) de onde resulta respetiva Declaração de Impacte Ambiental (DIA). [17]

O Estudo de Impacte Ambiental (EIA), consiste num *“documento elaborado pelo proponente no âmbito do procedimento de AIA, que contém uma descrição sumária do projeto, a identificação e avaliação dos impactes prováveis, positivos e negativos, que a realização do projeto poderá ter no ambiente, a evolução previsível da situação de facto sem a realização do projeto, as medidas de gestão ambiental destinadas a evitar, minimizar ou compensar os impactes negativos esperados e um resumo não técnico destas informações”* (DL n.º 197/2005, art.º 2 i)), este último elaborado, com vista à consulta pública redigido numa linguagem acessível.

A avaliação de impacto ambiental (AIA) é um *“instrumento de carácter preventivo da política do ambiente, sustentado na realização de estudos e consultas, com efetiva participação pública e análise de possíveis alternativas, que tem por objeto a recolha de informação, identificação e previsão dos efeitos ambientais de determinados projetos, bem como a identificação e proposta de medidas que evitem, minimizem ou compensem esses efeitos, tendo em vista uma decisão sobre a viabilidade da execução de tais projetos e respetiva pós-avaliação”* (DL n.º 197/2005, art.º 2 e)). Desta avaliação resulta a Declaração de Impacte Ambiental (DIA) que é a *“decisão emitida no âmbito da AIA sobre a viabilidade da execução dos projetos sujeitos ao regime previsto no presente diploma”* (DL n.º 197/2005, art.º 2 g)).

Posteriormente é desenvolvido o projeto de execução tendo em consideração as exigências definidas na DIA. O projeto de execução é acompanhado do Relatório de Conformidade Ambiental com Projeto de Execução (RECAPE). Este relatório aplica-se aos casos em que o EIA foi desenvolvido em fase de estudo prévio ou anteprojecto. Este documento pretende verificar a conformidade do projeto de execução com a DIA e avaliar e determinar a eficácia das medidas previstas para evitar, minimizar ou compensar os efeitos negativos e potenciar os efeitos positivos.

Estão sujeitos a procedimento de AIA a *“construção de autoestradas e estradas destinadas ao tráfego motorizado, com duas faixas de rodagem, com separador, e pelo menos duas vias cada, e construção de itinerários principais e de itinerários complementares, de acordo com o DL n.º 222/98 de 17 de julho”*<sup>2</sup>, (DL n.º 197/2005, Anexo I, 7b) e 7c), Anexo II, 10 e)), bem como *“qualquer alteração ou ampliação (...)”* (DL n.º 197/2005, Anexo I, 21), realizada nos mesmos moldes. Estão ainda sujeitos a procedimento de AIA, estradas nacionais e regionais em troços superiores a 10km e

---

<sup>2</sup> O DL 222/98 de 17 de Julho redefine o Plano Nacional Rodoviário e cria as estradas regionais

todas as estradas nacionais e regionais localizadas em zonas sensíveis, independentemente da sua extensão. [22]

Está prevista a dispensa, total ou parcial, do procedimento de AIA, em circunstâncias excepcionais e fundamentadas, que correspondem normalmente a alterações onde os impactes já tenham sido avaliados anteriormente, não havendo impactes novos a avaliar.

Em resumo, a conceção do projeto é acompanhada desde a fase mais prematura por estudos ambientais, no sentido da concretização da melhor solução técnica que dê cumprimento à legislação em vigor, minimize os impactes negativos, potencie os impactes positivos e adote boas práticas ambientais e de sustentabilidade.

### **3.2.2. Construção**

Genericamente, a infraestrutura rodoviária é constituída pela estrada propriamente dita e pelas obras de arte, pontes, viadutos e túneis, que as integram e complementam.

A construção do projeto rodoviário desenvolve-se num período de tempo determinado e é composta por diversas espécies de trabalhos que se agrupam em terraplenagem, drenagem, pavimentação, obras acessórias, sinalização e segurança e obras de arte correntes e especiais, conforme se descreve seguidamente.

Os materiais e elementos de construção a empregar na obra terão a qualidade, dimensões, formas e demais características definidas no caderno de encargos e nos restantes documentos contratuais, com as tolerâncias normalizadas ou admitidas nos mesmos documentos.

#### **3.2.2.1. Terraplenagem**

Por terraplenagem, entende-se a movimentação de materiais necessária, escavação e aterro, executada de acordo com as condições definidas, para dotar o terreno natural das especificações do projeto, nomeadamente em termos de cotas. Na Figura 3.3 apresenta-se um exemplo de um perfil longitudinal, onde se apresenta o perfil do terreno natural e o desenvolvimento da rasante definida no projeto.

Além das características geométricas, a qualidade dos materiais e o modo de execução dos aterros condicionam fortemente o comportamento dos pavimentos.

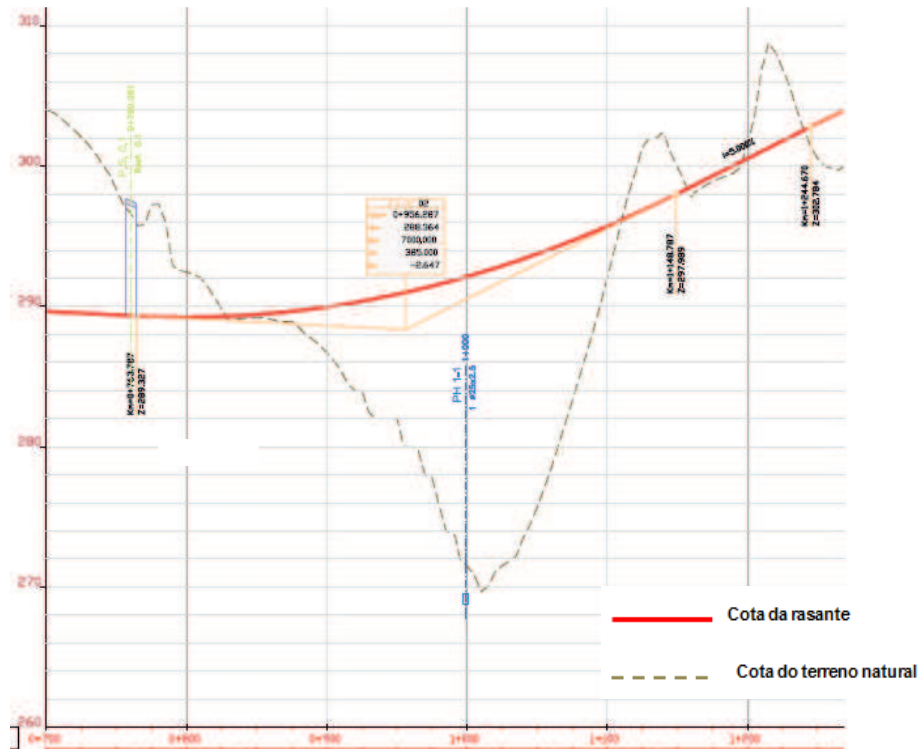


Figura 3.3 – Exemplo de um perfil longitudinal de uma via (AE XXI, 2009<sup>3</sup>)

Os aterros são constituídos por camadas não ligadas, com as espessuras definidas no projeto de execução. Genericamente, os aterros são formados pelas seguintes zonas:

- Parte inferior do aterro, parte que assenta no terreno natural, constituída pelas primeiras 2 camadas de material;
- Corpo do aterro, que é a parte compreendida entre a parte inferior e a parte superior do aterro;
- Parte superior do aterro, que corresponde à zona sobre o corpo do aterro onde vai assentar o leito do pavimento;
- Leito do pavimento, parte que se destina a conferir boas condições de fundação ao pavimento, pode ser constituído por uma ou várias camadas de material, de acordo com o projeto;
- Espaldar, zona lateral do corpo do aterro que inclui os taludes e pode funcionar como maciço de estabilização. [23]

Os materiais empregues na execução dos aterros são essencialmente materiais naturais, provenientes das escavações da própria obra ou, na falta destes, de

<sup>3</sup> Extrato peça desenhada n.º 005-06-GT-GT-DR-06-002 do Projeto de execução (PE) Subconcessão Auto Estrada Transmontana A4/IP4 – Vila Real (Parada de Cunhos)/Quintanilha – Lote 6 – Geometria de traçado – Secção corrente – Perfil Longitudinal – Pk0+700 ao Pk2+100

empréstimos, que cumpram as características definidas no caderno de encargos da obra.

Do ponto de vista granulométrico, os materiais a utilizar na construção dos aterros são solos, materiais rochosos (enrocamento) e tipo solo-enrocamento. Mediante as condições definidas no projeto, podem ser usados também solos tratados com ligantes hidráulicos, cal e/ou cimento. [23]

Na constituição dos leitos de pavimento, de acordo com o projeto de execução, é possível a utilização de solos, materiais granulares não britados e materiais granulares britados. Quando as condições técnico-económicas e ambientais o justifiquem podem ainda ser utilizados solos tratados com cal e/ou cimento. [16] [23]

Em alguns países da Europa, como na Alemanha, Bélgica, Dinamarca, Holanda e Suécia que têm maior experiência na reutilização/reciclagem de materiais, alguns aterros já são construídos com materiais não ligados reutilizados ou materiais ligados com ligantes, hidráulicos ou betuminosos, recuperados. [24]

As terraplenagens são os primeiros trabalhos a realizar na linha.

### **3.2.2.2. Drenagem**

O principal objetivo da drenagem é garantir a continuidade do sistema natural existente de modo que as águas, pluviais e internas, que atingem a zona interessada pela obra, não afetem a segurança dos utentes nem comprometam a capacidade estrutural dos pavimentos.

A drenagem rodoviária, pode dividir-se em:

- Drenagem transversal

As passagens hidráulicas (PHs) permitem a continuidade das linhas de água interrompidas pela implantação da obra.

Nos casos mais comuns, estes elementos são constituídos por peças pré-fabricadas de secção circular em betão armado ou reforçado, ou mesmo metálicas, conforme o definido no projeto de execução. O projeto pode definir, também, passagens hidráulicas de secção retangular, nestas condições podem ser executadas “in situ” em betão armado ou serem constituídas por peças pré-fabricadas.

Nas estradas mais antigas, podem-se encontrar passagens hidráulicas executadas em alvenaria de pedra.

As PHs são complementadas com bocas de entrada e saída, que variam em tipo, conforme se trate de aterro ou escavação, e, em dimensão, dependendo do cálculo dos caudais e das cotas do projeto.

- Drenagem longitudinal

Fazem parte da drenagem longitudinal, todos os equipamentos de drenagem que são instalados paralelamente ao eixo da via destinados a escoar as águas superficiais e subterrâneas.

A drenagem longitudinal é composta pelas valetas de plataforma, valetas e bordadura de aterros, valetas de banquetas, valetas de crista de talude e valas pé de talude.

As valetas de plataforma podem ser revestidas, ou não, com secção triangular ou trapezoidal com as medidas referidas no projeto. As valetas revestidas referem-se a valetas com o fundo revestido com betão, este trabalho é executado “in situ”.

As valetas de bordadura dos aterros são, normalmente, revestidas podendo ter secção trapezoidal ou semicircular, sendo esta última a mais comum. Os materiais mais utilizados na execução destas valetas são peças pré-fabricadas com o diâmetro referido em projeto assente em coxim de betão.

As valetas de banquetas e crista de talude podem ser revestidas, ou não, com secção trapezoidal ou semicircular. Normalmente são semicirculares executadas com elementos pré-fabricados.

As valas pé de talude podem ser não revestidas, revestidas com betão, com enrocamento, com enrocamento argamassado ou betão ciclópico, ou em secção semicircular executada com elementos de betão pré-fabricados. [25]

Nesta categoria estão também incluídos os drenos de plataforma, longitudinais e transversais, a drenagem do separador, se este existir, e os coletores, longitudinais e de evacuação lateral.

Os drenos de plataforma longitudinais são executados de acordo com o pormenor tipo definido no projeto, conforme se ilustra no exemplo apresentado na Figura 3.4 e são normalmente constituídos por materiais granulares e tubo de escoamento, envolvidos por geotêxteis. Estes são executados sob valetas revestidas e destinam-se à interceção ou rebaixamento de níveis freáticos. Os drenos transversais são semelhantes aos longitudinais, mas não dispõem de tubo de escoamento. [26]

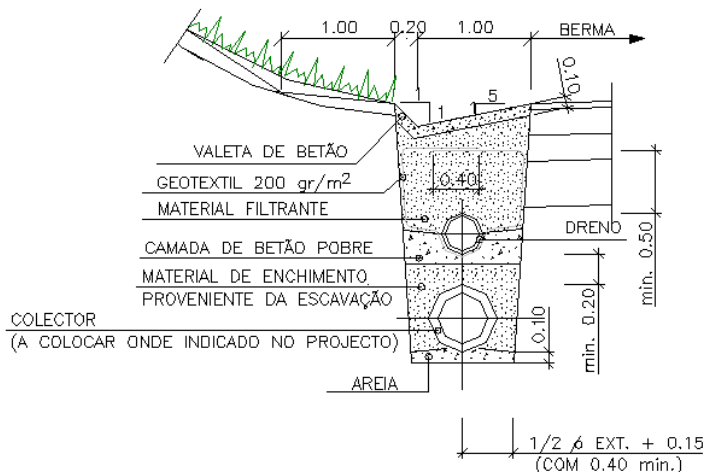


Figura 3.4 – Exemplo de pormenor do dreno sob a valeta (Coba, 2004<sup>4</sup>)

A drenagem do separador, quando este existe, e está associado a guardas de segurança de betão, é executada de acordo com o pormenor tipo definido nas peças do projeto, conforme exemplo apresentado na Figura 3.5. A recolha das águas da superfície é normalmente feita através de elementos pré-fabricados, caleiras de rasgo, assentes sob material drenante envolvido em geotêxtil. O tubo dreno é em material PVC perfurado.

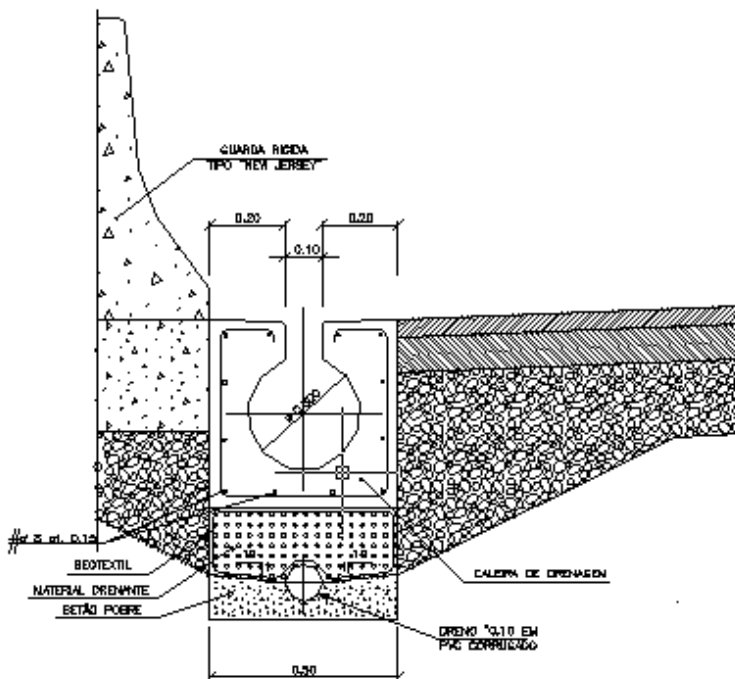


Figura 3.5 – Exemplo de pormenor da drenagem do separador (Coba, 2004<sup>5</sup>)

<sup>4</sup> Extrato peça desenhada n.º 0993.2-PE-11-0200-138 do Projeto de execução Lanço do IC19 – Nó do Hospital/Nó de Ranholas - Alargamento e Beneficiação para 2x3 vias Fase 2 Nó do Cacém – Nó de Ranholas

<sup>5</sup> Extrato peça desenhada n.º 0993.2-PE-11-0200-138 do Projeto de execução Lanço do IC19 – Nó do Hospital/Nó de Ranholas - Alargamento e Beneficiação para 2x3 vias Fase 2 Nó do Cacém – Nó de Ranholas

Os coletores, cujos diâmetros vêm definidos no projeto de execução, são habitualmente em betão pré-fabricado, ou eventualmente em PVC.

▪ Órgãos complementares de drenagem

Os órgãos complementares de drenagem, tais como câmaras de visita ou queda, sumidouro e sarjetas, câmaras de limpeza e/ou evacuação lateral; caixas de receção derivação; bacias de dissipação e dissipadores de energia em descidas de talude, serão executados em betão ou com elementos pré-fabricados de acordo com os desenhos de pormenor definidos no projeto de execução. [25]

Os primeiros trabalhos de drenagem a realizar são as passagens hidráulicas, que terão de estar executadas a quando da execução dos aterros nesses locais.

### 3.2.2.3. Pavimentação

A principal função de um pavimento rodoviário é de garantir uma superfície de rolamento que permita a circulação de veículos em adequadas condições de comodidade, segurança e economia.

Um pavimento é um sistema multiestratificado, apoiado numa plataforma de suporte, conforme se esquematiza na Figura 3.6. Abaixo desta, encontra-se o terreno natural com um coroamento de qualidade melhorada, também denominado leito do pavimento. [16] [27]

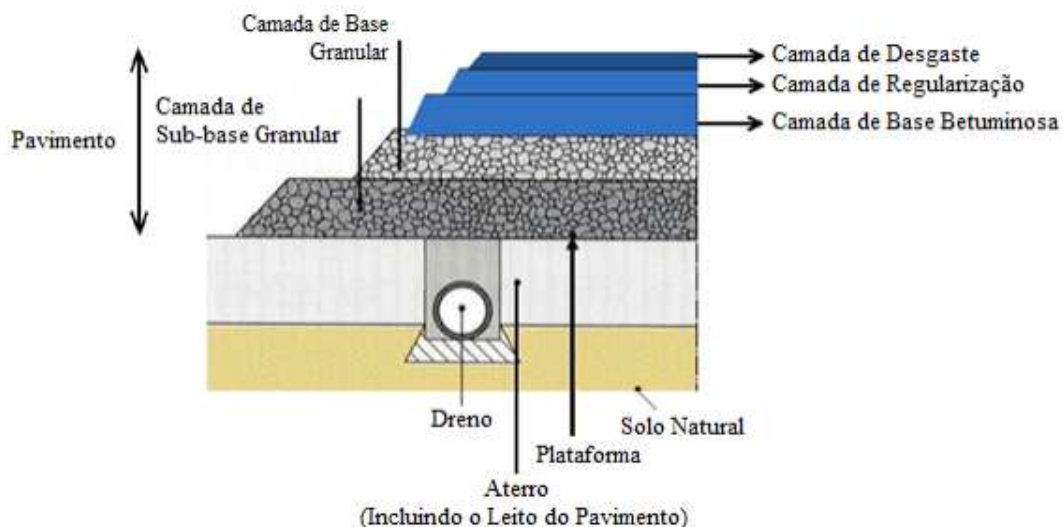


Figura 3.6 – Estrutura de um pavimento rodoviário (Adaptado de Azevedo, s/ data)

Num pavimento, pelas funções que desempenham, podem distinguir-se duas partes, a camada de desgaste e o corpo do pavimento.

A camada de desgaste é a responsável pela qualidade funcional do pavimento, já o corpo do pavimento assegura a qualidade estrutural. O corpo do pavimento é o principal responsável pelo suporte das cargas do tráfego, e pode ser constituído por camadas estabilizadas com ligantes, betuminosos ou hidráulicos, e camadas granulares. [16]

No caso de pavimentos em camadas betuminosas, a camada subjacente à camada de desgaste, denomina-se “camada de regularização” ou “camada de ligação”. Abaixo desta dispõe-se a camada de base, ligada ou não. Sob a camada de base, e assente no leito do pavimento, dispõe-se a camada de sub-base, geralmente constituída por materiais granulares estabilizados mecanicamente por compactação. [16] Nos casos de vias com tráfego elevado estas podem ser substituídas por materiais granulares tratados com ligantes hidráulicos. [16] [27]

A espessura das camadas e o tipo de material que as constitui são definidos no projeto de execução específico. As camadas são, normalmente, dispostas com qualidade e resistência decrescentes, de cima para baixo. [16]

Em função dos materiais utilizados, são geralmente identificados três tipos de pavimentos:

- Pavimentos flexíveis

Os pavimentos flexíveis apresentam as camadas superiores formadas por misturas betuminosas, isto é, materiais estabilizados com ligantes hidrocarbonados, normalmente com betume asfáltico, sendo a(s) camada(s) subjacente(s) constituída(s) por material granular, conforme se indica no esquema da Figura 3.7.



Figura 3.7 – Esquema exemplificativo da estrutura de um pavimento flexível (LNEC, 2005 citado em Reis, 2009 [28])

▪ Pavimentos rígidos

Os pavimentos rígidos têm uma camada superior constituída por betão de cimento, isto é, materiais granulares estabilizados com ligantes hidráulicos. Abaixo da camada de desgaste dispõe-se uma ou duas camadas também constituídas por material granular estabilizado com ligantes hidráulicos e/ou apenas constituídas por material granular. A Figura 3.8 representa o esquema da estrutura de um pavimento rígido.

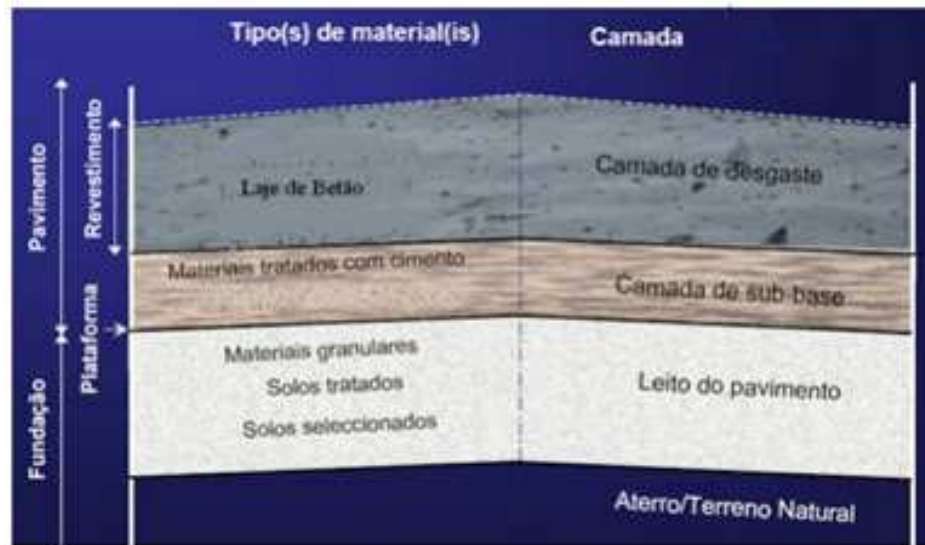


Figura 3.8 – Esquema exemplificativo da estrutura de um pavimento rígido (LNEC, 2005 citado em Reis, 2009 [28])

Os pavimentos rígidos podem ainda agrupar-se em cinco categorias de acordo com o modo como é controlada a fendilhação:

- Pavimentos de betão não armado, com juntas transversais e longitudinais, com ou sem barras de transferência de carga;
- Pavimentos de betão armado, com juntas, com ou sem barras de transferência de carga;
- Pavimentos de betão armado contínuo (BAC);
- Pavimentos de betão pré-esforçado;
- Pavimentos formados por elementos pré-fabricados.

▪ Pavimentos semi-rígidos

Os pavimentos semi-rígidos são constituídos por uma ou duas camadas de misturas betuminosas seguidas, no sentido decrescente, por uma camada de misturas com ligantes hidráulicos, podendo ainda dispor de uma camada de sub-base em material granular, conforme se apresenta na Figura 3.9. [16] [27]

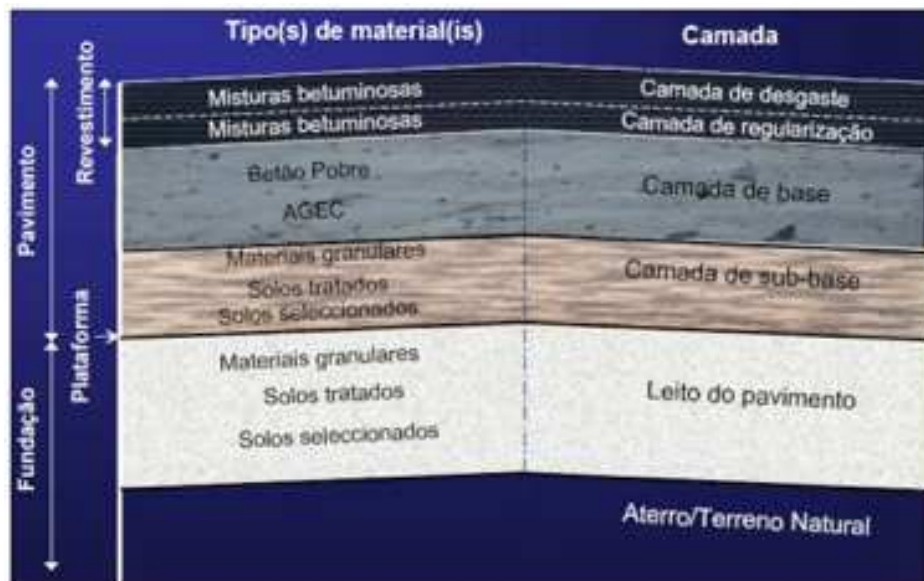


Figura 3.9 – Esquema exemplificativo da estrutura de um pavimento semi-rígido (LNEC, 2005 citado em Reis, 2009 [28])

Além destas estruturas mais comuns existem ainda outros tipos de pavimentos:

- Pavimento misto, que se caracteriza pela semelhança ao pavimento semi-rígido diferindo deste pela relação de espessura das misturas betuminosas, cerca de metade relativamente à espessura total do pavimento;
- Pavimento inverso, semelhante ao pavimento semi-rígido, mas com uma camada de materiais granulares entre as misturas betuminosas e os materiais tratados com ligantes hidráulicos. [27]

#### 3.2.2.4. Obras Acessórias

As obras acessórias incluem os trabalhos que, não fazendo parte do conjunto considerado como trabalhos rodoviários principais, são imprescindíveis para a concretização de uma adequada proteção e integração paisagística das obras e para garantia de funções essenciais em condições de segurança. [29]

Os trabalhos a executar dependem do tipo e dimensão da obra, genericamente contemplam a integração paisagística, a vedação da zona da estrada, execução de caminhos paralelos, a construção de estruturas de suporte, a reposição dos diversos serviços de interesse público afetados ou a construção de novos serviços e a instalação de barreiras acústicas, iluminação e telecomunicações, cujas atividades se enumeram no Quadro 3.4. [29]

Quadro 3.4 – Descrição das atividades incluídas nas obras acessórias [29]

Designação	Descrição
<b>Integração Paisagística</b>	<p>Consiste na recuperação e integração paisagística das áreas interessadas da zona da estrada e exploração de materiais.</p> <p>Incluí, de acordo com o projeto, a colocação de terra vegetal em taludes, ilhas direcionais e separadores, sementeiras e plantações. Em alguns casos está também prevista rede de rega.</p>
<b>Vedações</b>	<p>São colocadas com vista a separar a zona da estrada dos terrenos limítrofes. São constituídas por rede de malha variável ou constante, aplicada em postes de madeira ou metálicos, incluindo as fundações. De acordo com o projeto, são eventualmente definidos locais de portões e passagens.</p>
<b>Caminhos paralelos</b>	<p>Corresponde à construção de caminhos que se estendem paralelamente à via e que não exijam terraplenagem, nem projeto específico.</p>
<b>Obras de contenção</b>	<p>As estruturas de suporte serão sempre realizadas de acordo como projeto de execução, e poderão ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Muros em gabiões;</li> <li>- Muros em colchões de rede metálica preenchidos com material rochoso;</li> <li>- Rede de proteção contra queda de pedras;</li> <li>- Solos reforçados tipo “terra armada”;</li> <li>- Muros Tipo “crib-Wall”;</li> <li>- Paredes para pregar ou ancorar, em betão armado;</li> <li>- Paredes para pregar ou ancorar, em betão projetado, com ou sem malha eletrossoldada;</li> <li>- Betão projetado;</li> </ul>
<b>Reposição de serviços afetados pela execução da obra</b>	<p>Reposição de serviços que interferem com a execução da obra:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Redes de abastecimento de água;</li> <li>- Redes de águas residuais pluviais ou domésticas;</li> <li>- Redes de energia ou telecomunicações, aéreas;</li> <li>- Redes de energia, telecomunicações ou gás, subterrâneas;</li> </ul>
<b>Rede de iluminação pública</b>	<p>Refere-se à construção instalação de redes de iluminação pública na zona da obra, destinadas à iluminação da própria via, nomeadamente em nós e troços urbanos.</p> <p>Os trabalhos referem-se à execução da infraestrutura, instalação de cabos, colocação de colunas de iluminação e luminárias, postos de transformação, armários de distribuição e caixas.</p>
<b>Sistemas de Telecomunicações</b>	<p>Refere-se à instalação das infraestruturas de sistemas de telecomunicações, abertura de vala, assentamento de tubagem, enchimento das valas, sinalização da tubagem, execução de caixas completas, e execução de gares para postos SOS.</p>

Quadro 3.3 – Descrição das atividades incluídas nas obras acessórias (Cont.) [29]

Designação	Descrição
<b>Medidas minimizadoras</b>	Colocação de barreias acústicas, de acordo com o definido no projeto, incluindo fundações e estruturas de suporte. Os painéis podem ser em betão, em madeira, metálicos, em vidro e em policarbonato.

Os trabalhos incluídos nas obras acessórias, são realizados em diversas fases da obra. A reposição de serviços afetados será das primeiras atividades a serem executadas. As obras de contenção, ainda que dependa do tipo de contenção a realizar, terão que ser coordenadas com as terraplenagens. A integração paisagística, as vedações e as medidas minimizadoras são realizadas quase no final dos trabalhos.

### **3.2.2.5. Equipamentos de sinalização e segurança**

Neste grupo incluem-se todos os trabalhos indispensáveis para a garantia das adequadas condições de segurança de circulação, ou seja, a sinalização, demarcação, e equipamentos específicos normalmente utilizados em zonas do traçado cuja perigosidade justifica um tratamento particular, designadamente, guardas, desvios de emergência, entre outros:

- A sinalização vertical, de código e respetivas estruturas de apoio;
- A sinalização vertical de informação, colocada em pórticos ou semi-pórticos;
- A sinalização horizontal, composta pelas marcas longitudinais, raias, bandas cromáticas, triângulos de cedência de prioridade, setas, e outras marcas;
- Equipamento de guiamento, balizagem e demarcação (marcadores, delineadores, baias direcionais, marcos, hectométricos, quilométricos, miriamétricos, marcos “património do estado”);
- Guardas de segurança semi-flexíveis e dispositivos de proteção de motards;
- Guardas de segurança rígidas, executadas “in situ” ou pré-fabricadas tipo “New Jersey”;
- Guardas para proteção de peões;
- Barreiras anti-encadeamento, atenuadores de impacto. [30]

Os trabalhos de sinalização e segurança, com exceção dos maciços dos pórticos e semi-pórticos, são dos últimos trabalhos a executar na obra.

### **3.2.2.6. Obras de arte**

As obras de arte rodoviárias são estruturas destinadas a dar continuidade à estrada ou a promover a sua articulação com as demais vias, e dividem-se em passagens superiores, passagens inferiores, passagens agrícolas e passagens hidráulicas especiais, denominadas de obras de arte integradas, e obras de arte especiais onde se incluem os viadutos e as pontes.

Estas estruturas são dimensionadas tendo em consideração as condicionantes locais, geotécnicas e de traçado, cujas soluções são traduzidas no projeto de execução. Tradicionalmente estas estruturas são construídas em betão, executado “in situ” ou em elementos pré-fabricados de betão. [31]

As obras de arte, pelas suas características, são normalmente trabalhos individualizados dos restantes trabalhos de obra geral, sendo executados simultaneamente.

### **3.2.2.7. Relatórios de monitorização em fase de obra**

Na fase de construção, a nível ambiental, são feitas monitorizações, acompanhamento e gestão ambiental, cumprindo a legislação em vigor e dando cumprimento ao prescrito em sede de RECAPE.

Em fase de obra, é elaborado um plano de gestão ambiental para onde são revertidas todas as medidas a dar cumprimento. Este inclui a caracterização da situação ambiental de referência, os planos de gestão ambiental aplicáveis, incluindo os planos de monitorização, bem como os procedimentos e trabalhos a desenvolver em matéria de ambiente. Este documento tem seguimento mensal. Também, o Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Demolição e Construção faz parte dos elementos com seguimento frequente, garantindo a correta triagem e a adequada definição do destino final dos resíduos produzidos. [17]

### **3.2.3. Operação**

Após a construção da obra, e a sua receção por parte do Dono de Obra, a via entra em serviço, ou seja, na fase da operação, ao longo da qual são expectáveis as intervenções rodoviárias que se descrevem nos subcapítulos seguintes.

### **3.2.3.1. Conservação corrente**

A conservação corrente consta de pequenas reparações no pavimento, limpeza, prolongamento e ampliação de dispositivos de drenagem, manutenção e contenção de taludes, manutenção e substituição de vedações, pequenas reparações em obras de arte e passagens hidráulicas, manutenção de equipamentos e eventual substituição e manutenção de equipamentos de segurança (sinalização vertical e horizontal e guardas de segurança). [17]

### **3.2.3.2. Intervenções de emergência**

Essencialmente correspondem a trabalhos de reparação, reposição, reconstrução ou restauração da via, ou troços de via, que tenham sido obstruídos, danificados ou seccionados por eventos extraordinários que originem interrupção total ou parcial ou que ponham em causa a segurança dos utentes, e que não tenham cabimento na conservação corrente. [17]

### **3.2.3.3. Conservação periódica**

A conservação periódica consta essencialmente de intervenções para reposição das condições de segurança e de conforto na circulação nas vias rodoviárias, com planos de intervenção programados.

A programação das intervenções dependerá da monitorização realizada pelo gestor da via, e aplica-se a todas as atividades de obra com particular incidência na sinalização horizontal, sinalização vertical e equipamentos de segurança, guiamento e balizagem.

No caso dos pavimentos a conservação periódica visa a melhoria da capacidade de suporte, melhorando também as características de conforto na circulação. Esta realiza-se com determinado intervalo de tempo, à partida considerado numa programação da fase de exploração do pavimento, e inclui a aplicação/substituição de camadas de misturas betuminosas. [16]

### **3.2.3.4. Remodelação e/ou beneficiação sem alteração de traçado**

Na remodelação e/ou beneficiação sem alteração de traçado, a via mantém o seu traçado inicial, e estão incluídos os seguintes trabalhos de beneficiação: Reparação de

pavimentos, execução de melhoramentos físicos das intersecções, implantação de terceiras vias, com ou sem alargamento da plataforma, pavimentação de rodovias existentes, melhoramento do sistema de drenagem, melhoramento do sistema de segurança e integração paisagística. [17]

### **3.2.3.5. Relatórios de monitorização em fase de obra**

A nível ambiental, e à semelhança do que sucede na fase de construção, na fase de operação são feitas monitorizações, acompanhamento e gestão ambiental.

Na prática, com o propósito de prolongar o mais possível a vida útil das infraestruturas rodoviárias, procede-se frequentemente à sua manutenção e/ou reabilitação, adiando a fase da desativação.

### **3.2.4. Desativação**

Após a fase de operação, quando a via rodoviária deixa de desempenhar as funções para as quais foi concebida, atinge-se a fase de desativação.

A desativação deve fazer parte integrante do processo de planeamento. [32] Deste modo, na fase de conceção podem ser equacionadas utilizações compatíveis para que as infraestruturas, ou parte delas, não fiquem abandonadas.

Na generalidade dos casos, a desativação da via rodoviária concretiza-se pelo encerramento dos trechos existentes em função da entrada em serviço de novas secções. [17]

O tratamento a dar às zonas redundantes, a desativar, deve fazer parte do contrato de construção, da nova infraestrutura [33] ou da intervenção para realinhamentos ou retificações do traçado. [34]

A inclusão da desativação no contrato da nova obra, garante o adequado e efetivo tratamento das zonas desativadas. Por outro lado, evita custos adicionais com o eventual tratamento posterior do trecho desativado. Com efeito, a inclusão do tratamento dos troços desativados no contrato da nova intervenção, pode constituir um benefício de custo para o Dono de Obra, considerando que o tratamento da zona a desativar pode oferecer soluções para a execução da obra, nomeadamente pelo reaproveitamento do espaço e/ou dos materiais existentes.

### **3.3. Diferentes cenários de desativação de infraestruturas rodoviárias**

Conforme se referiu anteriormente, uma infraestrutura só é desativada se houver outra que a substitua. No entanto, são vários os motivos que conduzem à desativação de uma via, bem como são diversos os aspetos que essa desativação pode apresentar.

#### **3.3.1. Características desajustadas face aos parâmetros de segurança atuais**

Uma via, cuja construção seja bastante antiga, pode ser desativada por apresentar características incompatíveis com os atuais parâmetros de segurança, nomeadamente pelo incumprimento de critérios de traçado adequados ao volume e tipo de tráfego existente, de onde podem resultar níveis de sinistralidade elevados. Nestas circunstâncias, procede-se à construção de uma alternativa para posteriormente desativar a via em causa.

A desativação resultante pode ser o abandono, como foi o caso da estrada que ligava Pont-en-Royans a Les Barranques em França, nos Alpes franceses. Esta estrada, considerada a mais perigosa do mundo foi encerrada em 2005 e substituída por um túnel com cerca de 1,7km. [86]

Outra opção pode ser a renaturalização da secção, da qual é exemplo a A4 entre Jena-Gösschwitz e Madgala, na Alemanha, mais desenvolvida no subcapítulo 4.2.2.

#### **3.3.2. Ocorrência de fatores naturais**

Fatores naturais, como deslizamento de terras, abatimentos, cedências contínuas, entre outros, podem impedir a circulação em condições de segurança e levar à desativação de uma estrada.

Um exemplo de desativação como consequência de fatores naturais é a A625 num troço de cerca de 800m próximo de Derbyshire. Este trecho foi encerrado em 1979, na sequência de sucessivos deslizamentos de terras, a qual é atualmente uma zona frequentada por ciclistas “off-road” e tráfego pedestre. [87]

#### **3.3.3. Abdicação de infraestruturas existentes**

Embora não seja comum, também é possível que se abdique de uma infraestrutura, ou parte dela.

A “route 46” é um trecho de uma autoestrada alemã planejada durante a era Nazi, encontrando-se inserida no plano de autoestradas de alta-velocidade do Terceiro Reich, foi iniciada em 1936 e suspensa em 1939, faltando somente executar a camada de desgaste. Por razões estratégicas, este troço de 70km foi definitivamente abandonado após a 2ª Guerra Mundial. [88]

A M23 em Surrey, na Grã-Bretanha, ainda apresenta vestígios do que seria a ligação a Londres, que não chegou a ser realizada. [89]

A M8 em Glasgow, na Escócia, ainda mantêm os viadutos do que seria um nó que nunca se concretizou, conforme se ilustra na Figura 3.10. [90]



Figura 3.10 – Antigos viadutos M8, Escócia, Reino Unido (Google, 2015)

### 3.3.4. Vias redundantes

A situação mais comum em que se verifica a desativação de infraestruturas rodoviárias, ou parte delas, é por passar a existir outra opção de itinerário. [17]

A construção de uma nova infraestrutura com melhores características, eventualmente com maior capacidade, onde se possa circular a uma velocidade superior e com melhores condições de segurança, pode transformar a estrada existente, ou parte dela, numa via redundante. [35]

A alteração do traçado da rede, criando novos acessos, pode originar troços redundantes da via, que não tendo utilidade são encerrados. [34]

A alteração do local de nós de ligação, em que antigos ramos ficam sem uso, muitas vezes até sem acesso, constitui um caso particular da alteração do traçado, conforme se ilustra na Figura 3.11.



Figura 3.11 – Antigo ramo de ligação da A48(M)/M4, Reino Unido (Google, 2015)

Quando se procede ao melhoramento de uma via existente, pela retificação/melhoramento das suas características em planta, e/ou em perfil longitudinal, designadamente trabalhos de retificação de curvas, podem resultar troços desativados como o que se apresenta na Figura 3.12. [34]



Figura 3.12 – Troço desativado, devido à melhoria das características geométricas da estrada, EN120, Portugal

Por vezes, procede-se ao alargamento da secção corrente da via existente, não sendo, no entanto, possível aproveitar a totalidade do traçado. Nestas condições, resultam frequentemente trechos de estradas, por vezes longos, que ficam interrompidos pelo novo traçado, sem uso e por vezes inacessíveis, conforme se ilustra na Figura 3.13.

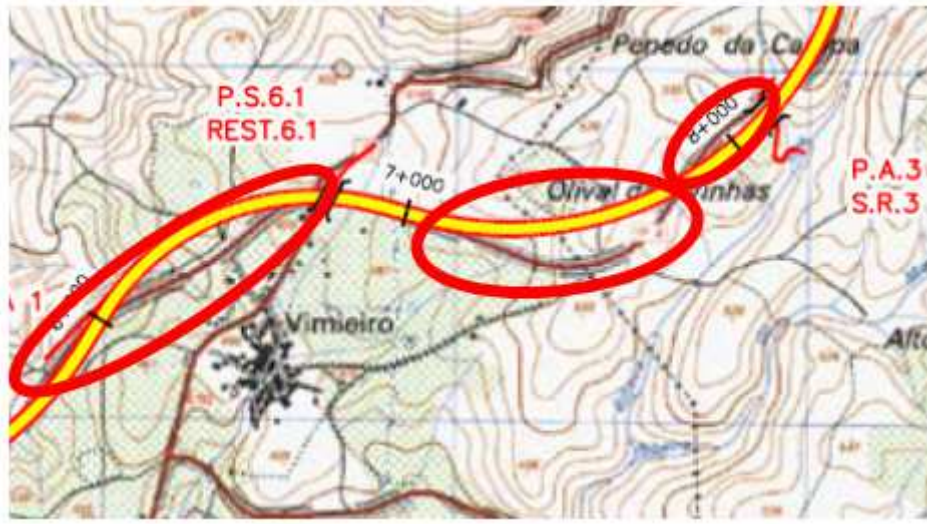


Figura 3.13 – Ilustração de troços a desativar por via da retificação do traçado<sup>6</sup>

Neste contexto, outro ponto a ponderar, será o eventual isolamento de obras de arte, como o que se apresenta na Figura 3.14, sejam obras de arte correntes, (passagens superiores, inferiores, agrícolas ou faunísticas), ou obras de arte especiais (designadamente pontes e viadutos) que possam ficar sem qualquer acesso e por conseguinte sem possibilidade de inspeção e/ou manutenção.



Figura 3.14 – PA existente numa parte da via desativada, antigo IP4, Portugal

Na realidade, quer por questões de falta de segurança quer devido à alteração do traçado da rede, seja para construção de novas ligações seja para remodelação e/ou beneficiação de vias existentes, são muitos os exemplos de infraestruturas rodoviárias, ou parte delas, que se mantêm sem que seja atribuída qualquer alternativa compatível.

<sup>6</sup> Ilustração de troços a desativar por via de retificação do traçado do antigo IP4 (Extrato da peça desenhada n.º 005-06-PE-04.1-DR-01-001-0B – Projeto de Execução Lote 6 – Secção Corrente – Esboço Corográfico)

### 3.4. Utilizações compatíveis com as vias desativadas

Por princípio, os troços de via desativados não devem ser abandonados. Se não se encontrar uma utilização, devem ser desmantelados e devolvidos o mais aproximadamente possível ao seu estado inicial. [33]

A escolha da solução final a atribuir a uma via desativada, ou parte dela, depende da avaliação de determinados fatores, destacando-se:

- 1) O motivo que conduziu à desativação  
Questões relacionadas com segurança, alterações ao traçado da rede, beneficiações ou melhoramentos de vias existentes;
- 2) As características do troço a desativar  
Extensão, largura, existência de obras de arte correntes e especiais, condições do solo, drenagem, características dos materiais existentes; [34]
- 3) O enquadramento da via desativada  
Características da zona envolvente, zona urbana, zona rural, área ambientalmente sensível, área protegida, entre outras; [34]
- 4) As características da nova via  
Avaliação da necessidade de zonas de paragem/descanso, avaliação da incorporação de materiais removidos da via original, utilização de equipamentos da via existente.

A utilização a prever para uma via desativada, tem que ser analisada caso a caso, tendo em consideração os fatores acima referidos.

## 4. METODOLOGIAS UTILIZADAS EM PAÍSES EUROPEUS

### 4.1. Considerações gerais

Na sequência do referido no subcapítulo 3.4, a desativação de infraestruturas pode ser dividida em: *renaturalização*, que consiste na devolução do espaço às suas condições iniciais, *conversão*, em que a via não sendo renaturalizada é-lhe conferida uma utilização compatível, e por fim, *reutilização dos materiais existentes*, que acaba por ser uma ação complementar quer à renaturalização quer à conversão. Neste capítulo desenvolve-se cada uma destas metodologias baseadas em experiências de alguns países da Europa.

Com efeito, existem vários exemplos de renaturalização, de conversão do espaço para novas valências e reutilização/reciclagem dos materiais provenientes de estradas desmanteladas, embora estas estratégias sejam documentadas maioritariamente de forma fragmentada.

### 4.2. Renaturalização

#### 4.2.1. Conceito e metodologias

Por renaturalização entende-se a estabilização e recuperação da infraestrutura para um estado mais natural, removendo todos seus materiais e equipamentos, e, repondo dentro do possível as suas características originais. [36]

Pela sua particularidade, foram os departamentos florestais a inventariar os principais impactes e a criar mecanismos de resposta consistentes, pela pesquisa de opções, pela criação de técnicas de monitorização da eficácia das desativações realizadas, designadamente nos Estados Unidos da América, que consubstanciam as necessidades generalizadas nos sistemas florestais [37] e também das respetivas redes viárias, tais como:

- Definição de estratégias;
- Avaliação estruturada e planeamento (incluindo a gestão de acessos, manutenção e reabilitação);
- Planeamento e implementação de gestão de acessos;
- Planeamento e implementação de técnicas de mitigação locais;
- Fecho e desmantelamento de estradas;
- Verificação da eficiência da monitorização.

As principais vantagens da execução da renaturalização são:

- Redução da erosão das encostas e do assoreamento dos cursos de água;
- Restauro dos padrões naturais de drenagem da superfície e camadas subsequentes;
- Redução dos impactes no meio aquático;
- Redução dos impactes em ecossistemas terrestres. [36]

Na Figura 4.1 apresenta-se um exemplo de renaturalização, onde é removido o caminho existente e devolvida a zona às suas condições originais. [91]



Figura 4.1 – Antes e depois da renaturalização

Antes de se proceder à renaturalização de uma via, ou troço de via, desativada, há que avaliar o modo como se pode efetuar essa renaturalização. O trabalho a desenvolver depende da tipologia da via, da extensão do troço desativado, da (in)existência de drenagem, das condições do solo e da área envolvente em matéria de biodiversidade. [34]

A renaturalização pode constituir um trabalho simples ou envolver equipamentos pesados para proceder à descompactação dos aterros, remoção dos órgãos de drenagem, remoção de diques, modelação de áreas instáveis e (re)vegetação. [36]

Em secções de pequena extensão, os pavimentos nos troços desativados devem ser demolidos e misturados com o solo existente sob este, ou cobertos com solo apropriado. Estas zonas podem ser alvo de tratamento ou deixar que as espécies envolventes as povoem gradualmente, conforme se ilustra na Figura 4.2. [34]



Figura 4.2 – Recolonização natural num troço de via desativado (NRA, s/data)

O tratamento adequado para zonas desativadas pode ainda abranger a compensação de zonas de habitat ocupado pela nova construção, ações que promovam a criação de diversidade de habitats como pastagens, a restauração dos habitats originais perdidos aquando da construção da estrada inicial, avaliação da possibilidade de restaurar antigos corredores existentes e a intervenção numa área já identificada como de valor ecológico ou potencial valor ecológico. [34]

Em zonas rurais, a remoção completa do revestimento, a plantação de espécies características ou a devolução do espaço para agricultura, são métodos para promover a absorção da estrada e a sua integração no espaço envolvente, conforme se exemplifica na Figura 4.3. [33]

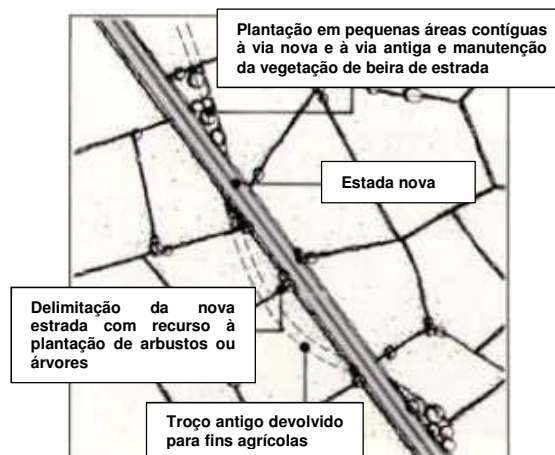


Figura 4.3 – Devolução da antiga via para fins agrícolas (Highway Agency, 1997)

Na Irlanda, nos Estudos de Impacte Ambiental (EIA), as secções a desativar são identificadas como zonas de mitigação de efeitos, especialmente para compensação de habitat. [34]

#### 4.2.2. Renaturalização em alguns países europeus

Neste subcapítulo apresentam-se exemplos concretos de renaturalização em alguns países da europa nomeadamente na Alemanha e no Reino Unido.

- **Alemanha**

Na zona oriental da Alemanha, a autoestrada A4 construída entre 1934 e 1937, foi alargada de 2x2 para 2x3 vias e beneficiada. A obra teve início em 2007. [92]

O traçado perto da localidade Eisenach foi desviado para Norte. O troço original entre Wutha-Farnroda e Sättelstädt, inserido na reserva natural de Hörselberge, numa extensão de 10km foi renaturalizado, conforme se ilustra na Figura 4.4. [38]

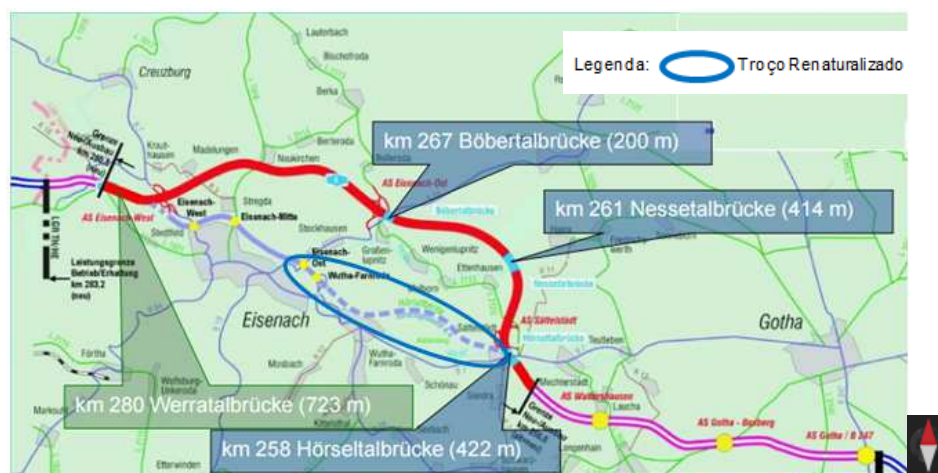


Figura 4.4 – Autoestrada A4, novo traçado e troço renaturalizado, Eisenach, Alemanha (Neumann, 2012)

Na Figura 4.5 mostra-se o antigo traçado ainda em fase de desmantelamento<sup>7</sup> e o aspeto final já depois de renaturalizado<sup>8</sup>. [38] [93] [94]



Figura 4.5 – Renaturalização da antiga ligação a Eisenach, A4, Alemanha

<sup>7</sup> Fotografia captada em 2010

<sup>8</sup> Fotografia captada em 2011

O material removido do pavimento original foi tratado e aplicado na nova construção. O material proveniente da escavação da nova via foi colocado na zona desmantelada.

No total, neste troço, foram desmantelados cerca de 40km de guardas de segurança semi- flexíveis, 18.000m<sup>3</sup> de betuminoso e 46.000m<sup>3</sup> de betão. [38]

Na mesma autoestrada A4, entre os nós de Jena-Gösschwitz e Magdala, perto da localidade de Jena, em virtude da inadequabilidade das características geométricas da via original e do ecossistema envolvente, o troço existente foi substituído por 11,8km de novo traçado onde está inserido um túnel com 3km, conforme se apresenta na Figura 4.6. [39]



Figura 4.6 – Localização da zona renaturalizada, Jena, Alemanha (Franz, 2011)

O desmantelamento do troço da antiga autoestrada está em fase de finalização. O trecho com cerca de 10km onde se incluem 3 viadutos e 3 pontes será devolvido a um estado mais original e inserido na zona envolvente, considerada ecologicamente sensível, reserva natural de importância comunitária desde 2004. Na Figura 4.7, apresenta-se o desmantelamento da via original junto à entrada do túnel do lado oriental. [39] [95]

O betão demolido do antigo troço será tratado para reutilização/reciclagem de novas estradas. [96]



Figura 4.7 – Desmantelamento da antiga A4, Jena, Alemanha (Zipel, 2015) [97]

▪ **Reino Unido**

No Reino Unido, a A3 que liga Londres a Portsmouth, numa secção de 2x2, perto de Hindhead, passava a 1x1 para atravessar a zona de Devil’s Punchbowl, considerada uma “zona de especial interesse científico”<sup>9</sup>. Para diminuir o congestionamento, o traçado da A3 foi alterado, apresentando o novo troço uma extensão de cerca de 6,7km e incluí um túnel com 1,9km, conforme se ilustra na Figura 4.8. A obra decorreu entre 2007 e 2011. [40]

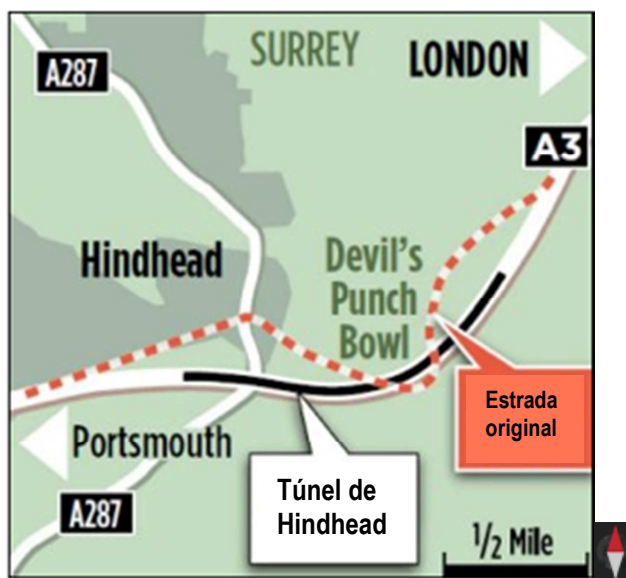


Figura 4.8 – Traçado da A3, antigo e novo em túnel, Reino Unido [41]

<sup>9</sup> Traduzido do inglês: Site of Special Scientific Interest

A Figura 4.9 mostra o troço da A3 original, à esquerda, e à direita o aspeto final após a renaturalização.



Figura 4.9 – A3, troço original em 2011 e renaturalizado em 2013, Devil's Punchbowl, Reino Unido [41]

Cerca de 92% do material proveniente da escavação do túnel, foi espalhado sob a estrada antiga onde também foram colocados cerca de 320.000m<sup>3</sup> de solos que foram terraplenados para devolver ao local o contorno original. Como parte do projeto de restauração do “National Trust”<sup>10</sup>, a área da antiga infraestrutura foi semeada com urze e foram plantadas 200.000 novas árvores e arbustos. [41]

### 4.3. Requalificação/(Re)conversão

#### 4.3.1. Conceitos e metodologias

Requalificar significa “qualificar de novo”, melhorar (um espaço público) a nível ambiental, urbanístico, entre outros, ou seja revitalizar. [98]

Na situação em que uma via, ou troço de via, não é renaturalizada mas adaptada no sentido de ser útil noutra valência, estamos perante uma requalificação/reconversão.

A reestruturação das redes viárias passa frequentemente pela construção de novas estradas, que, consequência do seu traçado, permitem que as vias originais se mantenham afetas à função rodoviária, em uso pelo tráfego local. Nestas condições, a estrada fica inserida na rede de vias tutelada pelas administrações locais.

Esta prática, comum a vários países da Europa, incluindo Portugal, designa-se por “desclassificação”. [42] [18]

Em Portugal, o processo de transferência é homologado pelo membro do governo responsável pelas infraestruturas rodoviárias. [18]

<sup>10</sup> A National Trust é uma organização britânica dedicada à preservação do património cultural em zonas geográficas particulares

Na Figura 4.10, é apresentado um exemplo de uma estrada desclassificada que passou a servir o trânsito local, por via da construção de uma variante.



Figura 4.10 – Antiga EN374-2 desclassificada, Portugal (Google, 2015)

Quando a estrada não fica afeta à função rodoviária, a administração rodoviária procede à desafetação do domínio público do estado e pode promover a alienação dando direito de opção aos proprietários das parcelas confinantes. [18]

Por outro lado, a antiga infraestrutura desativada pode ser convertida para caminhos pedestres, ciclovias, acessos particulares ou zonas de descanso, conforme se ilustra na Figura 4.11 e na Figura 4.12.

A utilização dos troços desativados desta forma, obriga ao tratamento correspondente para adaptar a infraestrutura original à sua nova função. [32] [33]



Figura 4.11 – Troço desativado a funcionar como acesso particular, Reino Unido (Highway Agency, 1997)



Figura 4.12 – Troço desativado a funcionar como zona de descanso, Reino Unido (Highway Agency, 1997)

Outros exemplos documentados de requalificação são as vias urbanas, construídas para aliviar os congestionamentos de trânsito e aumentar a segurança.

Com o crescimento das cidades, as vias urbanas têm vindo a ser englobadas no tecido urbano, constituindo problemas de poluição ambiental, barreiras físicas que condenam a vitalidade da própria essência do meio urbano. [43]

A requalificação de vias (rápidas) urbanas, está intimamente ligada às teorias de habitabilidade nas cidades, mobilidade em meios urbanos e é suportada por políticas concertadas no plano urbanístico, social e financeiro [44], que não são abrangidos pelo tema deste trabalho.

As principais razões que levam a equacionar a desmobilização de uma via rápida urbana são:

- Custos inerentes à reconstrução e reparação versus demolição/requalificação;
- Revitalização económica da zona;
- Valorização imobiliária;
- Criação de zonas ribeirinhas acessíveis;
- Apresentação de melhores soluções para resolução de necessidades de mobilidade. [43]

Nestas intervenções, assiste-se a uma requalificação da zona e não só do canal em si. A requalificação nestes moldes é um processo desejado e controlado que visa colocar a natureza em ambientes artificiais impondo mudanças radicais nas paisagens urbanas.

### 4.3.2. (Re)conversão em alguns países europeus

Neste subcapítulo apresentam-se exemplos concretos de (re)conversão em alguns países da Europa designadamente na Alemanha, Holanda, Espanha e Portugal.

#### ▪ Alemanha

Em Berlim, na Alemanha, os primeiros projetos para o alargamento do anel da autoestrada de Tempelhof para Neukölln remontam à década de 1960, numa secção à superfície. [99]

Em 1987, foi decidido que a melhor opção, para reunificação das duas metades da cidade, seria um túnel rodoviário com cerca de 1,7km. Os trabalhos de construção começaram em Novembro de 1995, e o túnel foi aberto ao tráfego em Julho de 2000.

Em paralelo, foi criada à superfície uma nova rede pedonal e ciclável, permitindo uma ligação direta e segura entre Tempelhof e Neukölln. O espaço sobre o túnel foi usado para criar um parque público, com seis parques infantis e 60.000m<sup>2</sup> de área verde e de lazer. Na Figura 4.13, apresenta-se a zona da A100 original [99] e uma vista aérea atual onde se pode verificar a zona verde que a substituiu com a construção do túnel.



Figura 4.13 – Antiga A100 e a zona verde que a substituiu (Google Maps, 2015), Alemanha

#### ▪ Espanha

Em Madrid, entre 2004 e 2007 foi construída a nova M30, subterrânea. A antiga estrada, construída na década de 1970, estava em más condições, necessitando de intervenções estruturais. A opção foi a construção de uma nova via, maioritariamente em túnel, permitindo a revitalização da zona, pela substituição do antigo traçado por zonas verdes, caminhos pedonais e ciclovias, num total de 6km de parques ao longo do rio Manzanares, conforme se apresenta na Figura 4.14. [100]



Figura 4.14 – À esquerda traçado da antiga M30, à direita a mesma zona requalificada, Madrid, Espanha [101]

▪ **Holanda**

A rodovia A2, na Holanda, é uma via de ligação entre a Bélgica, a Alemanha e a França, que passa em Maastricht. Esta via vai ser substituída por um túnel, que canalizará 80% do tráfego atual, ficando a superfície reservada para o tráfego local, e tráfego ligeiro. A construção do túnel teve início em 2012 e a conclusão está prevista para 2016. Na Figura 4.15 apresenta-se à esquerda uma vista aérea da A2, e à direita a secção do túnel com o projeto previsto para a superfície. [102] [103]



Figura 4.15 – A atual A2 (Google Maps, 2015) e a secção da obra em construção, Holanda [103]

▪ **Portugal**

Em Vila Formosa, em Portugal, foi construída uma variante à EN369 com cerca de 3km, incluindo uma nova ponte com 220m sobre a ribeira de Seda, com o objetivo de suprimir o tráfego rodoviário sobre a ponte romana. Na Figura 4.16 mostra-se a localização da ponte e o traçado da nova variante.<sup>11</sup>

A obra decorreu entre Junho de 2009 e Outubro de 2010.

<sup>11</sup> Projeto de Execução EN369 Variante à ponte de Vila Formosa – Novembro 2001 – P0 - Projeto Geral Memória descritiva e justificativa



Figura 4.16 – Localização da ponte romana (antiga EN369) e traçado da nova variante em Vila Formosa, Portugal (Google Maps, 2015)

Na obra da construção da variante, estava também contemplado o arranjo paisagístico de uma zona lateral à antiga via que servia de paragem, incluindo acessos, estacionamento e equipamentos para usufruto e valorização do monumento, conforme se mostra na Figura 4.17.<sup>12</sup>



Figura 4.17 – Lado Nascente da Ponte de Vila Formosa e beneficiação da zona lateral da antiga via, Portugal (Jorge Brás, 2010)

#### 4.4. Reutilização/Reciclagem dos materiais provenientes de infraestruturas rodoviárias

Tradicionalmente, as infraestruturas rodoviárias foram construídas com materiais de muito boa qualidade, naturais, não renováveis, pelo que a sua reutilização tem que ser um ponto a considerar na avaliação da sustentabilidade da infraestrutura. [45] [46]

O decréscimo progressivo dos recursos naturais, o aumento dos obstáculos à abertura de novas explorações, quer de solos quer de inertes, e a crescente

<sup>12</sup> Projeto de Execução EN369 Variante à ponte de Vila Formosa – Novembro 2001 – P0 - Projeto Geral Memória descritiva e justificativa

consciencialização a respeito da gestão sustentável dos recursos, dá cada vez mais relevância à reutilização e à reciclagem de materiais. [45]

De acordo com a legislação Europeia, o material proveniente de demolições deverá ser considerado resíduo de construção e demolição. [47]

As opções de utilização destes resíduos são, por ordem de importância:

- Reutilização: Utilização para o mesmo fim;
- Reciclagem: Utilização do material numa nova aplicação;
- Eliminação: Deposição em locais autorizados. [48] [49]

Numa situação de desativação de uma estrada, ou troço de estrada, a maior contribuição em matéria de materiais é dada pelos pavimentos e pelos materiais dos aterros. Os restantes constituintes, drenagens, obras acessórias e obras de arte, contribuem de forma mais pontual.

A reutilização/reciclagem dos materiais constituintes dos pavimentos rodoviários contribui para a redução do impacto ambiental das obras, com benefícios económicos e técnicos, conforme se sintetiza no Quadro 4.1. [50] [51]

Quadro 4.1 – Vantagens da reutilização/reciclagem de RCD [50] [51]

Meio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Redução da quantidade de materiais a vazadouros (e redução dos transportes)</li> <li>▪ Redução da quantidade de ligantes</li> <li>▪ Redução na necessidade de extração de recursos naturais</li> <li>▪ Reutilização de materiais</li> </ul>
Economia	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Redução de custos por menor aquisição de materiais inertes</li> <li>▪ Redução de custos por diminuição de transportes</li> <li>▪ Redução de custos por menor quantidade de materiais a vazadouros</li> <li>▪ Eventuais Incentivos</li> </ul>
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reabilitação das características estruturais e funcionais do pavimento</li> </ul>

A redução do impacto ambiental acima referida é conseguida pela diminuição da quantidade de materiais colocados em vazadouros, pela diminuição da quantidade de materiais naturais a extrair e pela diminuição dos transportes, reduzindo as emissões de gases com efeitos de estufa. [46]

Os benefícios económicos decorrem da diminuição dos custos pela rejeição dos materiais, nomeadamente o custo do transporte e o custo da deposição em local

autorizado, por ser necessário adquirir menores quantidades de materiais naturais e, por fim, pela possibilidade de eventuais incentivos para práticas mais ecológicas. [14]

A reutilização/reciclagem de materiais de pavimentos antigos permite a reabilitação das características superficiais como também a reabilitação das características estruturais dos pavimentos. [16] [50]

Nas experiências de reutilização/reciclagem apresentadas, os materiais são provenientes de estradas desmanteladas, mas não somente de estradas desativadas.

#### **4.4.1. Reciclagem em ambiente rodoviário**

A reciclagem de materiais provenientes de infraestruturas rodoviárias novamente em ambiente rodoviário, em alguns países da europa, é promovida pela implementação de instrumentos de controlo, legais, económicos e técnicos. [42] [52] [53]

Os instrumentos legais utilizados são a proibição da deposição de RCDs, como implementado na Bélgica e na Holanda. Os impostos para a extração de materiais naturais, e para a deposição de materiais inertes, constituem os instrumentos económicos praticados. [52] [53]

A Dinamarca e a Suécia impuseram desde a década de 90 taxas quer para a extração de materiais naturais quer para o depósito de materiais inertes em vazadouros, com o objetivo de incentivar a reutilização e a reciclagem. [42] Complementarmente, e, por via da implementação das diretivas comunitárias em matéria de ambiente em todos os países da união europeia, existe legislação ambiental que regula os resíduos de construção e demolição. [54] [55]

A reutilização/reciclagem é tanto mais significativa quanto maiores forem os custos inerentes à aquisição de materiais virgens e ao custo da deposição dos materiais em locais próprios. [52] [53]

A nível técnico a promoção da reciclagem é feita pelo desenvolvimento de normas, especificações e instruções técnicas que regulamentam a aplicação de materiais reciclados. [53]

O mercado dos materiais reciclados lida com resíduos de construção e demolição que têm um vasto espectro de origens, desde estradas desativadas, a estradas a reabilitar, obras de arte e viadutos demolidos e edificações, sendo a aplicação em novas estradas superior a 80%, em alguns países da europa. [52] [53]

No Quadro 4.2 apresentam-se os instrumentos de controlo utilizados em alguns países europeus e a percentagem de material reciclado aplicado em novas estradas, em cada um desses países. [52] [53]

Quadro 4.2 – Instrumentos de controlo e percentagem de material reciclado aplicado em novas estradas em alguns países da europa [52] [53]

País	Imposto para depósito	Imposto para extração	Regulamentação ambiental	Docs. normalizados para materiais reciclados	% de material aplicado em estradas
Alemanha	Sim (a)	Sim (b)	Sim	Sim, parcialmente com requisitos	±100%
Áustria	Não	Sim	Sim	Sim (c)	-
Bélgica	Sim (d)	Não (e)	Sim	Sim, com requisitos	±95%
Dinamarca	Sim	Sim	Sim	Parcialmente	±100%
Eslovénia	Sim	Sim (cascalho natural)	Sim	Sim (f)	<5%
França	Não	Sim	Sim	Sim (g)	±40
Holanda	Não (d)	Não	Sim	Sim	±100%
Hungria	Não	Não	Sim	Sim (g)	-
Rep. Checa	Sim	Não	Sim	Sim	>80%
Suécia	Sim	Sim (cascalho natural)	Sim	Parcialmente	±95%

Fonte: Thøgersen, 2011 e Gáspár, 2011

- Legenda: (a) Estão estabelecidos honorários para deposição de materiais, dependendo dos locais de depósito  
 (b) Estão estabelecidos honorários para extração de materiais naturais, dependendo do local e da natureza  
 (c) Normas e especificações técnicas  
 (d) Não é permitido o depósito RCDs  
 (e) Exceto a extração de cascalho de Maas  
 (f) Especificações técnicas e critérios técnicos  
 (g) Especificações técnicas  
 - Sem informação

Nos subcapítulos seguintes apresentam-se as práticas de alguns países europeus no desmantelamento, reutilização e reciclagem de materiais provenientes das infraestruturas rodoviárias do ponto de vista da sua aplicabilidade.

#### 4.4.2. Materiais não ligados

Num pavimento, as camadas não ligadas estão preparadas para resistir a esforços de compressão e de corte uma vez que a sua resistência depende essencialmente do atrito interno. [16] A sua função é garantir uma plataforma estável sobre a qual serão construídas e compactadas as camadas superiores. As camadas não ligadas são também permeáveis e menos sensíveis ao gelo, funcionando como camada de proteção da fundação do pavimento. [56]

Neste subcapítulo aborda-se a utilização dos materiais recuperados/reciclados de infraestruturas viárias antigas e a sua aplicação em novas camadas de pavimento não ligadas, com base na experiência de alguns países europeus.

##### 4.4.2.1. Caracterização dos materiais existentes

Para efeitos de reutilização ou de concretização de um processo de reciclagem de materiais é necessário proceder à caracterização do material existente.

No caso específico de materiais não ligados originários de pavimentos antigos, o processo envolve:

- Análise da documentação existente relativa ao pavimento construído
  - Data de construção;
    - ✓ Pela data de construção podem ser automaticamente excluídos materiais perigosos, como o alcatrão, uma vez que a sua utilização foi proibida a partir de uma determinada data.
  - Informação da estrutura;
    - ✓ Espessura das camadas;
    - ✓ Qualidade dos materiais utilizados.
- Análise da construção existente
  - Presença de substâncias prejudiciais (material orgânico, argila, gesso, entre outros);
  - Nível freático;
  - Características do subsolo;
  - Eventuais problemas de drenagem;
  - Campanhas de ensaios complementares: Defletómetro de impacto (FWD<sup>13</sup>), Radar de penetração no solo (GPR<sup>14</sup>) ou realização de sondagens com recuperação do material. Utilizadas na Bélgica e na Suécia. [53] [56]

---

<sup>13</sup> Do inglês: Falling Weight Deflectometer

A combinação do conhecimento do pavimento existente com os possíveis fins a que se destina o material permite adaptar a técnica de reciclagem e definir o tratamento que mais se adequa. [56]

#### **4.4.2.2. Técnicas de demolição e tratamento do material não ligado recuperado**

Após o desmantelamento das eventuais camadas superiores, os materiais não ligados constituintes das camadas do pavimento antigo são normalmente removidos por escavação.

Nas situações em que se pretende a separação dos materiais recuperados por camadas, pode recorrer-se a fresagem. O material recuperado pode ser reutilizado na obra ou armazenado para aplicação posterior, na mesma obra ou noutra obra.

A escolha do método de tratamento depende das condições existentes, do local a que se destina o material recuperado, e das quantidades de material a tratar.

O tratamento do material removido pode ser realizado:

- Em centrais móveis, se a ação for mais localizada, como tratar um determinado material para o aplicar numa camada inferior, na mesma obra;
- Em centrais fixas (incluindo triagem, britagem, lavagem, remoção de materiais indesejáveis) onde os materiais podem ser misturados com outros similares para aplicações posteriores. [53]

#### **4.4.2.3. Reciclagem de materiais não ligados em novas camadas não ligadas**

A reciclagem de material não ligado em novas camadas não ligadas é bastante comum. As técnicas e os equipamentos utilizados são as mesmas que para o tratamento de materiais naturais.

De acordo com o referido na Norma Europeia de referência (EN 13043), o agregado é um material granular utilizado na construção, que pode ser:

- Natural – Se for de origem mineral sujeito apenas a processamento mecânico;
- Artificial – Se for de origem mineral resultante de processamento industrial (modificações térmicas ou outras);
- Reciclado – Se resultar do processamento de materiais inorgânicos anteriormente utilizados na construção (em geral).

---

<sup>14</sup> Do inglês: Ground Penetrating Radar

O material não ligado é, maioritariamente, proveniente de camadas de base, camadas de sub-base e coroamento de aterro de pavimentos antigos e aplicado em novas camadas de base, sub-base, leito de pavimento e material de enchimento, conforme se apresenta no Quadro 4.3. [53]

Quadro 4.3 – Reutilização/reciclagem de materiais não ligados em novas camadas não ligadas em alguns países da europa [53]

<b>País</b>	<b>Composição do material original</b>	<b>Origem do material</b>	<b>Novas aplicações</b>
Alemanha	Agregado não britado	Camada superficial Base Sub-base	Base Sub-base Aterro/enchimento
Bélgica	Agregado não britado	Sub-base Leito de pavimento	Sub-base Leito de pavimento Aterro/enchimento
Dinamarca	Agregado não britado	Base Sub-base	Base Sub-base Aterro/enchimento
Eslovénia	Agregado não britado	Sub-base	Sub-base
França	Agregado não britado	Base Sub-base	Base Sub-base Aterro/enchimento
Holanda	Agregado reciclado Outros materiais secundários Areias estabilizadas	Base Sub-base	Base Sub-base
República Checa	Agregado não britado	Sub-base Leito de pavimento	Sub-base Leito de pavimento Aterro/enchimento
Suécia	Agregado não britado Agregado britado	Base Sub-base	Sub-base Leito de pavimento Aterro/enchimento

Fonte: Thøgersen, 2011 (Adaptado)

De acordo com o quadro anterior, em todos os países referidos, os pavimentos de origem são compostos por materiais naturais com exceção da Holanda, onde os pavimentos existentes já incorporam materiais reciclados.

A nível europeu existe a obrigatoriedade do cumprimento das normas harmonizadas criadas ao abrigo da diretiva 89/109/CE relativa aos produtos de

construção. Os países acima mencionados regem-se pela EN 13242, relativa aos agregados para materiais tratados com ligantes hidráulicos e materiais não tratados utilizados em trabalhos de construção civil e na construção rodoviária, e pela EN 13825, relativa a especificações para misturas não ligadas utilizadas em obras rodoviárias. [53]

A aplicação dos materiais fica condicionada à aplicação final.

#### **4.4.2.4. Reciclagem de materiais ligados com ligantes hidráulicos em novas camadas não ligadas**

A maioria das camadas de misturas com ligantes hidráulicos, provêm de pavimentos de betão de onde se destacam três tipos: Betão não armado com juntas, betão armado contínuo e betão armado contínuo em base (à qual normalmente se sobrepõe uma camada de mistura betuminosa). [53]

Em cenário de desativação de infraestruturas rodoviárias, o betão também pode provir da demolição de outras estruturas de betão, obras de arte em betão armado, betão pré-fabricado, passagens hidráulicas, estruturas de suporte, entre outras.

No Quadro 4.4, são sintetizadas as principais origens dos materiais ligados com ligantes hidráulicos e as novas aplicações em camadas não ligadas em alguns países europeus.

Quadro 4.4 – Experiência de alguns países europeus na reutilização/reciclagem de materiais com ligantes hidráulicos em novas camadas não ligadas [53]

<b>País</b>	<b>Origem do material</b>	<b>Novas aplicações</b>
Alemanha	Pavimentos em betão	Base não ligada
Bélgica	Pavimentos em betão	Base não ligada
Dinamarca	Pavimentos em betão	Base não ligada
Eslovénia	Pavimentos em betão	Sub-base não ligada
França	Camadas de misturas com ligantes hidráulicos e betão	Base não ligada Sub-base não ligada Enchimento
Holanda	Pavimentos em betão Antigas camadas de misturas com ligantes hidráulicos	Base não ligada Novas camadas tratadas com ligantes hidráulicos

Quadro 4.4 – Experiência de alguns países europeus na reutilização/reciclagem de materiais com ligantes hidráulicos em novas camadas não ligadas (Cont.) [53]

País	Origem do material	Novas aplicações
República Checa	Pavimentos em betão Camadas de base ligadas	Base não ligada Camadas inferiores de pavimentos em betão
Suécia	Pavimentos em betão Betão de demolições	Base não ligada Enchimento [57]

Fonte: Thøgersen, 2011 (Adaptado)

Os agregados reciclados, em particular contendo materiais ligados com ligantes hidráulicos apresentam, uma resistência relativamente baixa, textura muito rugosa, alta porosidade e alta capacidade de absorção de água, relativamente aos agregados naturais. Estas características têm que ser levadas em consideração na construção de camadas de novos pavimentos. [53]

#### 4.4.2.5. *Reciclagem de misturas betuminosas em novas camadas não ligadas*

Embora a tendência seja para reciclar misturas betuminosas recuperadas em novas misturas betuminosas, também se verifica que há experiência de alguns países em incorporar misturas betuminosas recuperadas em camadas não ligadas em novas estradas, conforme se apresenta no Quadro 4.5. [53]

Quadro 4.5 – Experiência de alguns países da europa na reutilização/reciclagem de misturas betuminosas em camadas não ligadas [53]

País	Origem do material	Novas aplicações
Alemanha	Regularização Base	Base não ligada Sub-base não ligada
Bélgica	Camadas do pavimento	Base não ligada (*)
Dinamarca	Camadas do pavimento Base	Base não ligada
Eslovénia [24]	Camadas betuminosas	Sub-base Bermas Aterro
França	Camadas do pavimento Base	Base não ligada Enchimento

Quadro 4.5 – Experiência de alguns países da europa na reutilização/reciclagem de misturas betuminosas em camadas não ligadas (Cont.) [53]

País	Origem do material	Novas aplicações
Holanda	Camadas de pavimento Outras camadas betuminosas	Base não ligada
República Checa	Sub-base Leito de pavimento	Sub-base Leito de pavimento Aterro/enchimento
Suécia	Camadas betuminosas	Desgaste Base não ligada Sub-base não ligada

Fonte: Thøgersen, 2011 (Adaptado)

(\*) Só aceite na região de Valónia. Na região da Flandres, os materiais betuminosos podem ser aplicados em leitos de pavimento desde que provenientes de misturas betuminosas fabricadas a quente e nas condições especificadas.

O material é proveniente do desmantelamento dos pavimentos antigos, por fresagem ou por fratura em blocos ou placas (conforme descrito mais pormenorizadamente no subcapítulo 4.4.4.3.3.1). Para fazer uso do material recuperado, é necessário que este cumpra determinadas características granulométricas. Alguns países impõem, adicionalmente, limites de resistência, à fragmentação (Desgaste de LA), resistência ao desgaste (Micro Deval).

As características que estes materiais têm que cumprir para utilização são definidas de acordo com as aplicações a que se destinam. [56]

#### 4.4.3. Materiais com ligantes hidráulicos

Na Europa, a construção de pavimentos em betão teve o seu início no final do século XIX e prolongou-se até à passada década de 70, a partir da qual poucos pavimentos de betão foram construídos. Em 2008, a Alemanha, a Áustria e Bélgica tinham, juntos, cerca de 7100km de pavimentos de betão em funcionamento nas suas redes rodoviárias. São também estes países que têm, e transmitem, maior número de experiências de reciclagem destes materiais. [52]

Nos países mencionados, surgiram, em algumas secções da rede, problemas de durabilidade, reação “álcalis-sílica”, perda de aderência ou fendilhação reflexa. Alguns

pavimentos tiveram que ser removidos, outros foram reforçados com recurso a misturas betuminosas tradicionais. [52]

Neste subcapítulo, são apresentadas as experiências de alguns países da Europa no desmantelamento e reciclagem de pavimentos constituídos por camadas de misturas com ligantes hidráulicos. São também apresentadas as práticas na reciclagem de materiais não ligados, ligados com ligantes hidráulicos e misturas betuminosas em novas camadas de misturas com ligantes hidráulicos.

#### **4.4.3.1. Caracterização dos materiais existentes**

O comportamento dos materiais finais depende da qualidade dos agregados reciclados e estes dependem da homogeneidade do material recuperado.

Para efeitos de reutilização ou de reciclagem é necessário conhecer o material existente.

No caso de estruturas de betão (armado, pré-fabricado, pré-esforçado), obras de contenção, entre outras, o conhecimento dos elementos existentes, nomeadamente a resistência do betão, existência e características dos outros materiais constituintes, permite adequar, pelas suas características, os agregados recuperados para fins mais específicos.

Para a caracterização dos pavimentos a desmantelar deve-se:

- Analisar a documentação existente relativa ao pavimento construído
  - Informação da estrutura;
    - ✓ Estrutura das camadas existentes;
    - ✓ Dimensões das camadas, modo de controlo do fendilhamento por retração, reforços;
    - ✓ Resultados de ensaios à época da sua execução.
- Analisar a construção existente
  - Condição do pavimento existente;
  - Condições do sistema de drenagem. [52] [58]

#### **4.4.3.2. Demolição e tratamento dos materiais existentes**

As estruturas a remover são normalmente demolidas com recurso a equipamentos mecânicos com acessórios acoplados, martelos hidráulicos, tesouras com pinças de maxilas, alicates, entre outros. [52]

A demolição dos materiais existentes dos pavimentos é executada após a remoção das camadas de material betuminoso, se as houver, para evitar a contaminação dos

restantes materiais. A demolição e a separação dos materiais é realizada no local, ou em central. [52]

Seguidamente o pavimento, é partido de forma a poder ser transportado para a central. Havendo condições no local original, a separação dos agregados e os eventuais elementos das juntas pode ser feito logo em obra.

Na central o material é britado até à dimensão prevista. É também na central que são removidos materiais embebidos. Na fase seguinte, o material pode ser alvo de melhorias físicas ou químicas e seguidamente poder ser lavado. É então colocado em stocks a aguardar a incorporação em novas misturas. [58]

#### **4.4.3.3. Reciclagem de materiais não ligados em novas camadas de misturas com ligantes hidráulicos**

As práticas de reciclagem de materiais não ligados em novas camadas de misturas com ligantes hidráulicos, em países europeus, são apresentadas no Quadro 4.6.

Quadro 4.6 – Práticas de alguns países europeus na reciclagem de materiais não ligados em novas camadas de misturas com ligantes hidráulicos [52]

<b>País</b>	<b>Aplicação de materiais não ligados em misturas com ligantes hidráulicos</b>	<b>Novas Aplicações</b>
Alemanha	Sim	Base
Áustria	Sim	Base
Bélgica	Sim	Base
Dinamarca	Não	-
Eslovénia	Não	-
França	Sim	Base Sub-base
Hungria	Não	-
Irlanda	Não	-
Rep. Checa	Sim	Sub-base
Suécia	Não	-

Fonte: Gáspár, 2011

Na Áustria, os materiais não ligados são normalmente reciclados “in situ”. A aplicação mais comum do material proveniente de bases é a estabilização com ligantes hidráulicos. [59]

Nos países onde é prática habitual reciclar materiais não ligados, como a Bélgica e a República Checa, há registo de que não é necessário recorrer a técnicas ou

equipamentos especiais para a realizar. Os materiais provenientes de bases ou sub-bases são demolidos, triados e aplicados novamente.

Os requisitos dos agregados reciclados e as características das misturas dependem da função da nova camada. As propriedades dos agregados reciclados têm que cumprir os mesmos critérios que os agregados naturais. [52] [59]

#### 4.4.3.4. **Reciclagem de materiais ligados com ligantes hidráulicos em novas camadas de misturas com ligantes hidráulicos**

Em alguns países da europa existem experiências documentadas da aplicação de agregados de materiais ligados com ligantes hidráulicos em novas misturas com ligantes hidráulicos, sobretudo em camadas inferiores. Nestes países existe regulamentação interna para estas aplicações, cujos requisitos diferem de país para país, e consoante a aplicação final. No

Quadro 4.7 apresenta-se o resumo das experiências, de alguns países da europa, na aplicação de materiais ligados com ligantes hidráulicos em novas camadas de misturas com ligantes hidráulicos.

Quadro 4.7 – Reciclagem de materiais com ligantes hidráulicos em novas camadas de misturas com ligantes hidráulicos em alguns países da europa [52] [59]

País	Regulamentação	Aplicação de materiais ligados em camadas de misturas com ligantes hidráulicos	Novas Aplicações
Alemanha	Sim	Sim	Todas (a)
Áustria	Sim	Sim	Todas (b)
Bélgica	Sim	Sim	Base
Dinamarca	Não	Raramente	Base
Eslovénia	Sim	Não	-
França	Sim	Sim	Desgaste (c) Base
Hungria	Sim	Poucas vezes	-
Irlanda	Sim	Não	-
Rep. Checa	Não	Sim	-
Suécia	Não	Não	-

Fonte: Gáspár, 2011

Legenda: (a) Pavimentos de betão, betão pobre e estabilização com cimento  
 (b) Exceto camadas de desgaste  
 (c) Experiência única

O fabrico de betão com materiais recuperados é semelhante ao fabrico das misturas com materiais naturais. As centrais de produção não necessitam de adaptações especiais. [58]

A reciclagem de agregados provenientes de antigas estruturas de betão em novas camadas de betão hidráulico tem tido aplicações bem sucedidas, nomeadamente em novas camadas de base e sub-base. [59]

A construção de dupla camada de pavimento de betão constitui uma prática de reutilização do material existente. A camada inferior, mais espessa que a camada superior e, para a qual os requisitos são menos exigentes permite incorporar os agregados recuperados. [58]

#### **4.4.3.5. Reciclagem de misturas betuminosas em novas camadas de misturas com ligantes hidráulicos**

O material betuminoso recuperado é normalmente reciclado em novas misturas betuminosas ou reutilizado como agregado em camadas não ligadas, no entanto, há registo de práticas de reciclagem de material betuminoso recuperado em novas camadas de misturas com ligantes hidráulicos, conforme se pode verificar no Quadro 4.8. [52] [59]

Quadro 4.8 – Reciclagem de material betuminoso recuperado em camadas de misturas com ligantes hidráulicos [52] [59]

<b>País</b>	<b>Aplicação RA em camadas de misturas com ligantes hidráulicos</b>	<b>Aplicações</b>
Alemanha	Sim	Todas (a)
Áustria	Sim	Todas (a)
Bélgica	Sim	Base (b)
Dinamarca	Não	-
Eslovénia	Sim	Base
França	Sim	Superficial (c) Base (c)
Hungria	Não	-
Irlanda	Sim	Base
Rep. Checa	Sim	-
Suécia	Não	-

Fonte: Gáspár, 2011

Legenda: (a) Pavimento em betão, betão leve e estabilização com cimento  
(b) Na região de Valónia e Flandres, pode ser utilizada como base estabilizada. Utilizada como betão pobre, betão poroso e betão compactado com cilindro somente na região de Valónia  
(c) Secções realizadas para fins experimentais

Apesar de não ser uma prática habitual, alguns países da Europa registam experiências de onde se conclui o desempenho favorável das misturas com betuminoso recuperado em novas camadas com ligantes hidráulicos especialmente se aplicadas em camadas de base e sub-base. [52]

#### 4.4.4. Misturas Betuminosas

A rede rodoviária europeia é constituída por mais de cinco milhões de quilómetros.<sup>15</sup> Apesar da rede rodoviária europeia se ter desenvolvido durante vários séculos a maioria das estradas foram construídas nos últimos 100 anos.

Os pavimentos betuminosos correspondem a 90% dos pavimentos existentes na rede rodoviária europeia sendo esta constituída por cerca de 950 biliões de toneladas de misturas betuminosas. [46]

Em 2013, na Europa, foram produzidas cerca de 277,3 milhões de toneladas de misturas betuminosas, fabricadas a quente (HMA<sup>16</sup>) e semi-quente (WMA<sup>17</sup>). Por outro lado, cerca de 48 milhões de toneladas de misturas betuminosas foram recuperadas (RA<sup>18</sup>) e disponibilizadas para reciclagem. [60]

Segundo a European Asphalt Pavement Association (EAPA), o material betuminoso é o material de construção mais reciclado do mundo, tendo como atributo chave a possibilidade de ser 100% reciclado sem reduzir as suas funcionalidades. [46]

Neste subcapítulo, serão abordadas as técnicas conhecidas de desmantelamento e demolição das camadas betuminosas constituintes dos pavimentos rodoviários, e as opções encontradas em alguns países europeus para a reciclagem dos materiais provenientes dos pavimentos rodoviários demolidos, em novas misturas betuminosas.

##### 4.4.4.1. Estratégias de reciclagem utilizadas em alguns países europeus

Quando uma estrada é desativada e os materiais constituintes não são necessários no local, estes são removidos. Nestas condições, só a reciclagem em central é exequível. No caso da demolição integral da estrada anteceder uma nova construção no mesmo local, os materiais podem ser utilizados como agregados na nova obra.

---

<sup>15</sup> EAPA – Home page

<sup>16</sup> Do inglês: Hot Mix Asphalt

<sup>17</sup> Do inglês: Warm Mix Asphalt

<sup>18</sup> Do inglês: Reclaimed Asphalt

Reclaimed Asphalt é o material que resulta da fresagem e demolição de pavimentos betuminosos antigos como componente de misturas betuminosas novas. Este processo de reciclagem pode ser executado “in situ” ou em central.

No que diz respeito à demolição de pavimentos flexíveis e à reciclagem dos seus materiais, têm sido desenvolvidas várias opções com o objetivo de produzir novos materiais para pavimentos. [61]

Na Figura 4.18 são apresentadas, sob a forma de fluxograma, as várias técnicas de demolição dos pavimentos existentes, tratamento e reciclagem em novos materiais com ligantes betuminoso, desenvolvidas em alguns países da europa, adaptáveis a infraestruturas desativadas. [61] [62]

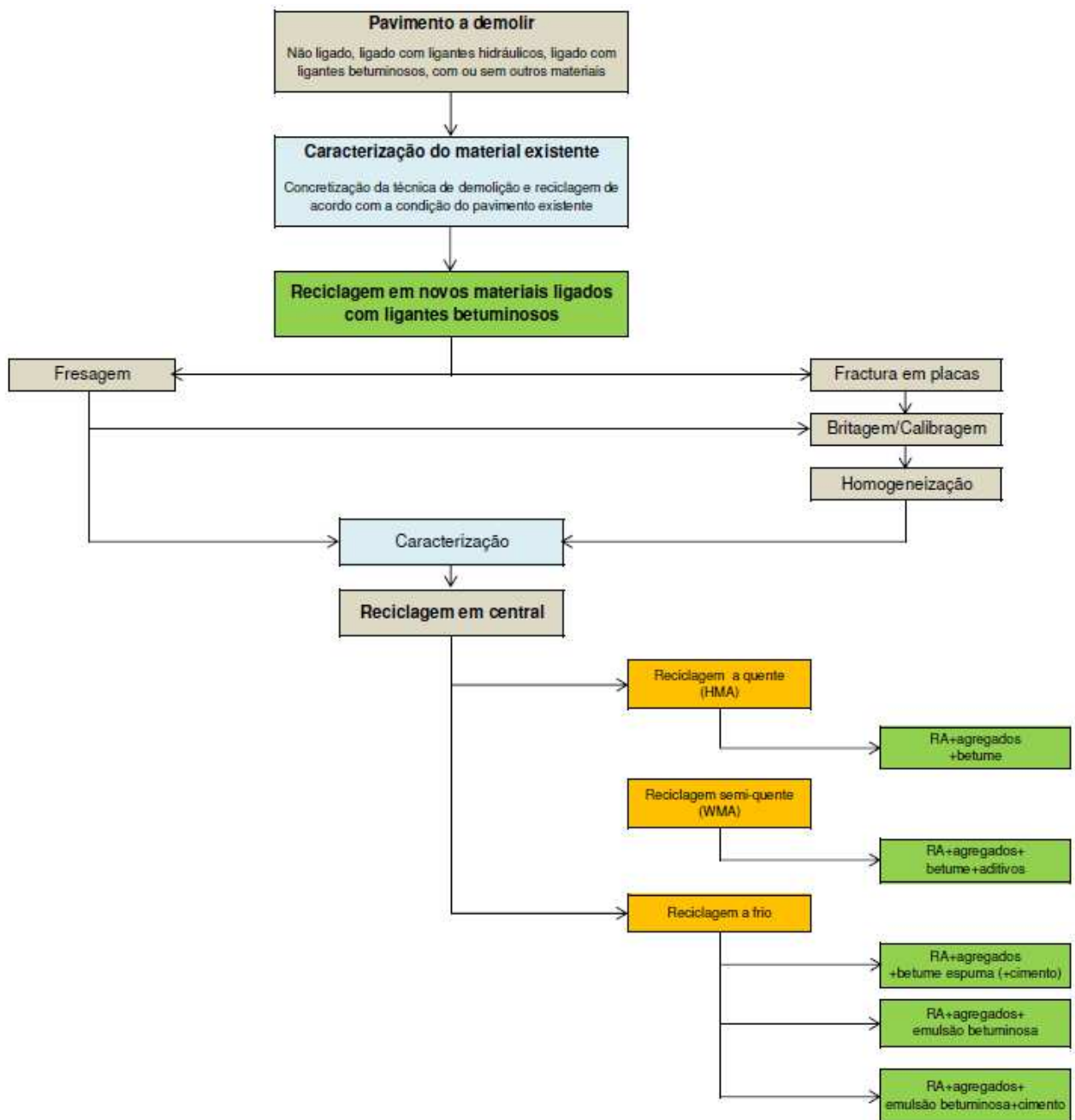


Figura 4.18 – Técnicas de demolição, tratamento e reciclagem adaptáveis a infraestruturas desativadas (Adaptado de Mollenhaeuer, 2011)

Cada país da Europa, adotou diferentes estratégias para a reutilização, reciclagem e/ou deposição dos materiais betuminosos. De acordo com a EAPA, as técnicas encontradas variam de país para país. Há países que preferem reciclar as misturas betuminosas em materiais para camadas não ligadas enquanto outros apostam na reutilização deste material em novas camadas ligadas. De um modo ou de outro, quando o pavimento atinge o seu fim de vida, os seus materiais constituintes são reciclados e utilizados na construção de novas estruturas de pavimento, conforme se apresenta na Figura 4.19, cada país da Europa referido, adotou diferentes estratégias para a reutilização, reciclagem e/ou deposição dos materiais betuminosos em fim de vida. [61]

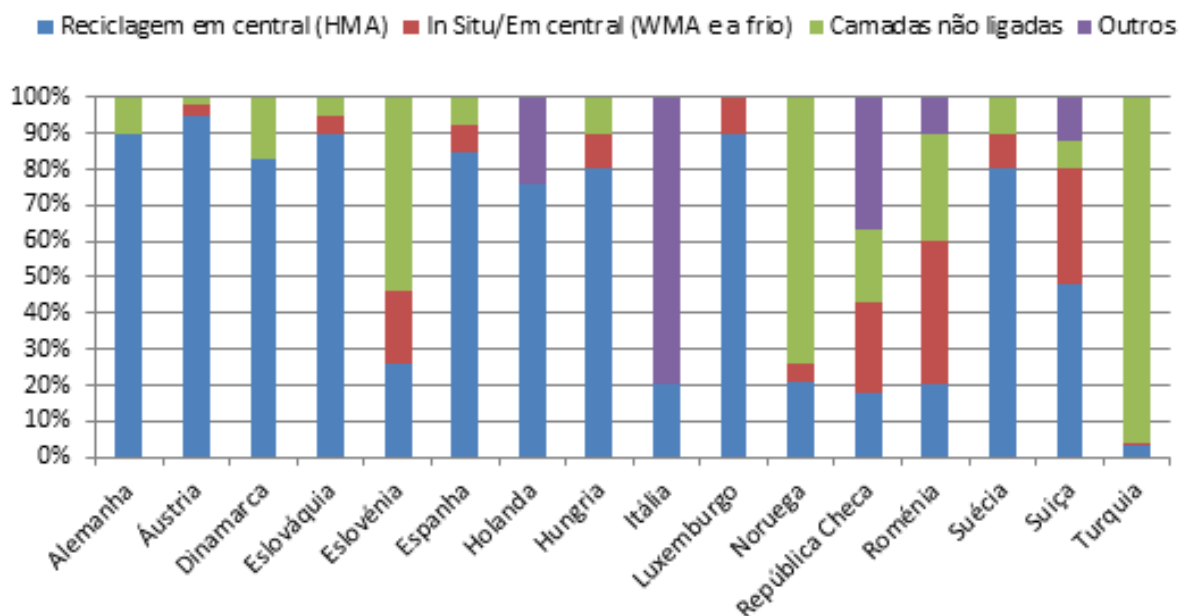


Figura 4.19 – Diferentes estratégias de fim de vida dos materiais de pavimentos betuminosos, dados de 2013 expressos em % (EAPA, 2013)

As infraestruturas existentes em cada país ditam as diferentes opções encontradas. Há países que possuem um elevado número de centrais. Este facto permite a reciclagem em central com curtas distâncias de transporte. Nestes países a percentagem da reciclagem em central é elevada. Outros países, optam pela reciclagem “in situ” para evitar as longas distâncias de transporte dos materiais para as centrais. Noutros países, a existência de materiais naturais continua a prevalecer, preterindo-se a reciclagem dos materiais existentes. [61] Outro fator a considerar é adequabilidade das centrais para a reciclagem dos materiais. Apesar do grande desenvolvimento da tecnologia das centrais, há ainda países com limitações nesta matéria.

#### 4.4.4.2. *Caracterização do pavimento existente*

Os materiais resultantes da demolição de pavimentos apresentam uma composição muito variável que depende da sua constituição, dos materiais utilizados, da origem dos materiais utilizados, das práticas de construção usadas e das eventuais técnicas de conservação e reabilitação de que esses pavimentos possam ter sido alvo. [16]

A caracterização a desenvolver no âmbito da desativação de pavimentos rodoviários deve envolver:

- Análise da documentação existente relativa ao pavimento construído
  - Data de construção;
    - ✓ Pela data de construção podem ser automaticamente excluídos materiais perigosos, como o alcatrão, uma vez que a sua utilização foi proibida a partir de uma determinada data;
    - ✓ Estado do tempo de serviço da estrutura.
  - Informação da estrutura;
    - ✓ Espessura das camadas constituintes do pavimento;
    - ✓ Misturas utilizadas.
  - Outras informações;
    - ✓ Execução de melhoramentos estruturais como aplicação de geotexteis;
    - ✓ Nível freático;
    - ✓ Características do subsolo;
    - ✓ Eventuais problemas de drenagem;
    - ✓ Existência de serviços.
- Análise das características da camada de desgaste
  - Manchas e juntas podem dar indicações sobre a homogeneidade da estrutura.
- Campanhas de ensaios destrutivos providenciarão informação sobre
  - Existência de materiais perigosos;
  - Número e espessura das camadas existentes;
  - Características dos materiais existentes.

Com base nos elementos acima referenciados é possível selecionar, a opção de reciclagem mais adequada e a técnica de demolição que mais se adapta. [61] [63]

#### 4.4.4.3. *Reciclagem dos materiais de pavimentos antigos em novas misturas betuminosas*

Em diversos países da Europa existem algumas recomendações e especificações relativas ao uso dos materiais provenientes de pavimentos antigos em novas misturas betuminosas. [62]

No Quadro 4.9 e Quadro 4.10 são apresentadas as aplicações mais usuais dos materiais provenientes de infraestruturas antigas em novas misturas betuminosas, a quente e a frio e semi-quente, respetivamente, em alguns países europeus.

Quadro 4.9 – Aplicações habituais em novas misturas betuminosas a quente em diversos países da Europa [62]

País	Material não ligado	Misturas com ligantes hidráulicos	Misturas betuminosas
Alemanha	x	x	o
Áustria	-	-	o
Bélgica	-	-	o
Dinamarca	x	-	o
Eslovénia	x	x	o
Espanha	x	x	o
França	x	-	o
Hungria	x	x	o
Irlanda	-	-	o
Polónia	x	x	o
Portugal	x	x	o
Reino Unido	-	-	o
Sérvia	-	-	-
Suécia	x	-	o

Fonte: Mollenhaeuer, 2011 (Adaptado)

- Legenda:
- Proibido em qualquer tipo de mistura betuminosa a quente
  - x Permitido como agregado em alguns tipos de misturas betuminosas a quente, com os mesmos requisitos dos materiais naturais (necessidade de especificação ambiental adicional). **A sua aplicação não é comum.**
  - o Especificações particulares

Quadro 4.10 – Aplicações habituais em novas misturas betuminosas a frio e semi-quente em diversos países da Europa [62]

País	RA + Agregados + emulsão betuminosa	RA + agregados + betume espuma (+cimento)	RA + agregados + emulsão betuminosa + cimento	Reciclagem em central (semi-quente)
Alemanha	x	x	x	x
Bélgica	-	-	-	x, não comum
Dinamarca	x, não comum	-	-	-
Eslovénia	-	-	-	x
Espanha	x	-	x	-
França	x	x	x	x
Hungria	-	x	-	-
Irlanda	x	x	x	-
Polónia	-	x, não comum	x	-
Portugal	x	x	x	x, não comum
Reino Unido	x	x	x	-
Sérvia	-	-	x	-
Suécia	x	x	x	x

Fonte: Mollenhaeuer, 2011 (Adaptado)

Legenda: - Esta técnica não se aplica  
 x Esta técnica aplica-se

#### 4.4.4.3.1. Reciclagem de materiais não ligados em misturas betuminosas (HMA)

De acordo com o apresentado no Quadro 4.9, é possível utilizar materiais não ligados provenientes de pavimentos antigos, no fabrico de misturas betuminosas. No entanto, esta prática não é comum.

Para a reciclagem de materiais não ligados existem outras opções, nomeadamente a reciclagem em novas camadas não ligadas, que como não implicam quaisquer tratamentos, são economicamente mais vantajosas. [62]

#### 4.4.4.3.2. Reciclagem de materiais ligados com ligantes hidráulicos em misturas betuminosas

À semelhança dos materiais não ligados, também é possível a utilização de materiais ligados com ligantes hidráulicos no fabrico de misturas betuminosas, não é comum.

Conforme se apresenta no Quadro 4.9 há alguns países da Europa que não proíbem a sua aplicação em misturas betuminosas a quente mas as especificações existentes remetem para utilização de agregados naturais. [62]

#### 4.4.4.3.3. Reciclagem de materiais betuminosos em misturas betuminosas

A reciclagem de materiais betuminosos, constituídos por agregados betuminosos, provenientes de pavimentos antigos em novas misturas betuminosas é a técnica mais comum. [62]

##### 4.4.4.3.3.1. *Técnicas de demolição de pavimentos betuminosos existentes*

A demolição dos pavimentos existentes corresponde à primeira etapa da produção de material betuminoso reciclado. [62]

As principais opções para efetuar a demolição são a fratura em placas ou blocos ou a fresagem, conforme se apresenta no Quadro 4.11.

Quadro 4.11 – Técnicas de demolição de pavimentos betuminosos existentes [61]

Técnica	Tipo de demolição
Fratura em placas (ou blocos)	Demolição integral das camadas betuminosas do pavimento
Fresagem	Camada por camada Mais do que uma camada de cada vez

Fonte: Mollenhaeuer, 2011

A fratura em blocos (ou placas), implica a sua posterior desagregação e/ou britagem, e/ou crivagem, aplicando-se a pequenas demolições ou situações em que a estrutura do pavimento é completamente demolida. [63]

A fresagem apresenta vantagens como a eventual dispensa de processos subsequentes e a flexibilidade das espessuras a fresar, que podem ir de uns milímetros a 30 centímetros. [61]

A homogeneidade da granulometria obtida pelo processo de fresagem, embora dependa do equipamento utilizado (velocidade do equipamento, rotação do cilindro e configuração do cilindro de corte), permite normalmente a aplicação do material obtido sem necessidade de britagem ou crivagem complementares.

A fresagem de camadas separadamente possibilita a separação de eventuais materiais contaminados, como o alcatrão, se detetada a sua presença, em alguma das camadas a demolir.

A fresagem de camadas delgadas, designadamente a fresagem preliminar das zonas das marcas rodoviárias, permite que o material betuminoso fresado, esteja isento de resinas, micro-esferas de vidro, cinzas, e outros materiais contaminantes. [63]

A fresagem, camada por camada, é a técnica mais recomendada e a mais utilizada em países europeus. [64]

#### *4.4.4.3.3.2. Caracterização e armazenamento do material betuminoso recuperado*

O material betuminoso recuperado pode ser utilizado na mesma obra ou ser armazenado para utilização posterior.

Após o desmantelamento, o material é retirado do local e conduzido à central onde é armazenado e tratado para posterior incorporação em novas misturas betuminosas, cujos requisitos dependem do tipo de mistura e da sua futura função.

Em central, são registadas as proveniências dos materiais recebidos e estes são armazenados separadamente por mistura. Pode-se também proceder a britagem adicional e crivagem. [61]

Posteriormente, o agregado betuminoso é misturado com vista à sua homogeneização e à eventual eliminação de materiais contaminantes. [50]

A maioria dos países cumpre o processo de amostragem do material betuminoso recuperado definido na EN 13108-8, onde as seguintes propriedades têm que ser obrigatoriamente documentadas:

- Presença de matéria estranha;
- Tipo de ligante;
- Características do ligante;
- Dimensão máxima das partículas;
- Granulometria média do agregado;
- Dimensão máxima D;
- Percentagem média de ligante;
- Teor de água máximo.

Adicionalmente são requeridas também:

- Propriedades do ligante (Penetração a 25°C e/ou Temperatura de amolecimento pelo método anel e bola);
- Propriedades do agregado (para aplicação em camada de desgaste);
- Homogeneidade. [63]

Após o tratamento do material betuminoso recuperado, este é armazenado por *stocks* homogêneos

Para que um *stock* seja considerado homogêneo deverá cumprir certas tolerâncias para determinadas propriedades. Nos países com critérios de homogeneidade, foram fixadas tolerâncias para determinadas propriedades da mistura recuperada:

- 3 relativos à granulometria
  - $d > 2\text{mm}$
  - $0,063\text{mm} < d < 2\text{mm}$
  - $D < 0,063\text{mm}$
- 3 relativos ao ligante
  - % de betume
  - Penetração (1/10mm)
  - Temperatura de amolecimento (°)

Cada *stock* homogêneo é identificado pelos resultados dos ensaios realizados.

Quanto mais homogêneo for o *stock* maior é a taxa de reciclagem. [64]

#### 4.4.4.3.3. *Produção de misturas betuminosas com material betuminoso recuperado*

Na maioria dos casos dos países europeus, as misturas betuminosas a quente produzidas com RA, têm o mesmo comportamento técnico das misturas a quente com materiais novos. [62]

As misturas betuminosas recicladas são fabricadas nas mesmas centrais que as misturas betuminosas com materiais virgens. [16] No entanto, para o fabrico de misturas betuminosas recicladas é necessário que as centrais estejam preparadas para receber o material a reciclar. Além da adequabilidade, ou não, da central para a produção de misturas recicladas, o tipo de central limita a percentagem de material betuminoso recuperado a incorporar nas novas misturas [50], em função do seu sistema de despoeiramento e filtragem e da qualidade do material betuminoso a reciclar. [16]

De um modo geral, existem três tipos de centrais, cuja evolução dos equipamentos modulares pode permitir alcançar taxas de reciclagem superiores. [62]

### **A. Centrais Betuminosas Contínuas**

Nas centrais betuminosas contínuas, mais utilizadas em países europeus, conforme se esquematiza da Figura 4.20, o material betuminoso a reciclar é aquecido no mesmo tambor secador misturador que os agregados. Este facto pode originar o envelhecimento precoce do betuminoso recuperado.

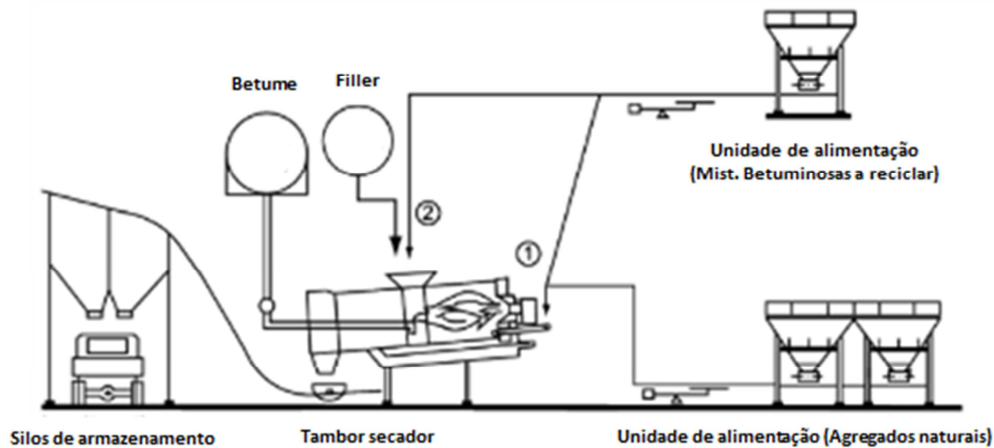


Figura 4.20 – Esquema de funcionamento - Central betuminosa contínua com dispositivo de reciclagem (Adaptado de Mollenhaeuer, 2011)

No esquema apresentado, são identificadas duas formas de adicionar o material betuminoso recuperado no tambor:

- 1) O betuminoso recuperado é adicionado a quando da entrada dos agregados novos no tambor;
- 2) O betuminoso recuperado é introduzido na zona central do tambor.

Nestas centrais, a percentagem máxima de material betuminoso recuperado a incorporar na mistura é 25%.

### **B. Centrais Betuminosas Descontínuas**

#### **B1. Método a frio**

Neste método, o material a reciclar é incorporado frio e aquecido por contacto com os agregados novos sobreaquecidos.

O material a reciclar entra em contacto com os agregados novos em duas alturas:

B1.1) O material betuminoso recuperado é adicionado diretamente na unidade de mistura, Figura 4.21. O aquecimento é feito por contacto com os agregados novos sobreaquecidos somente na fase de mistura. Neste método, não há contacto de qualquer parte do equipamento com o material reciclado quente.

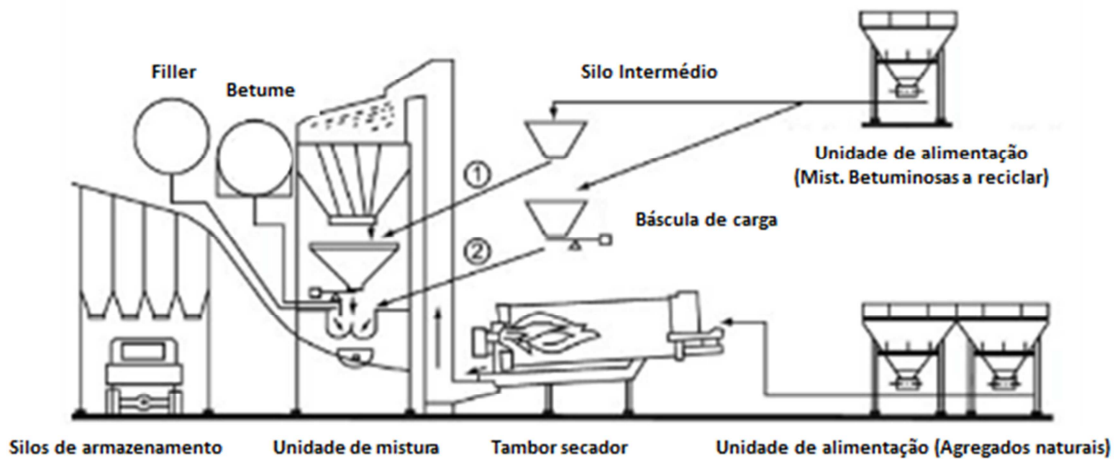


Figura 4.21 – Esquema de funcionamento - Central betuminosa descontínua método a frio (Adição na unidade de mistura) (Adaptado de Mollenhaeuer, 2011)

A percentagem máxima de material betuminoso recuperado a incorporar na mistura 30%

B1.2) O material betuminoso a reciclar é aquecido por contacto com os agregados novos após estes terem sido aquecidos. A adição do material recuperado pode ser efetuada de três formas, conforme se apresenta na Figura 4.22:

- 1) O material a reciclar é adicionado no final do tambor secador;
- 2) O material a reciclar é adicionado no elevador de agregados quentes;
- 3) O material a reciclar é adicionado no by-pass de crivagem.

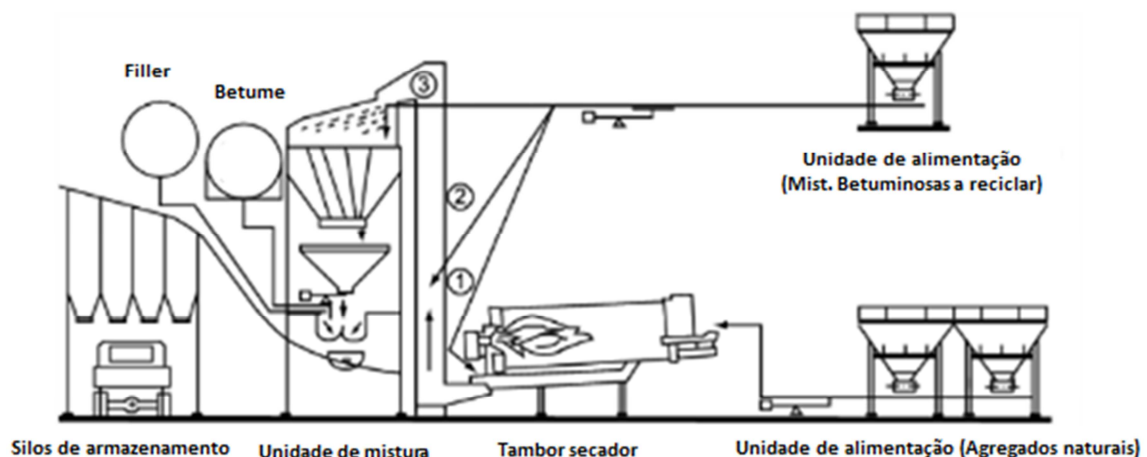


Figura 4.22 – Esquema de funcionamento - Central betuminosa descontínua método a frio (Adição contínua) (Adaptado de Mollenhaeuer, 2011)

A percentagem máxima de material betuminoso recuperado a incorporar na mistura 30%.

### B2. Método a quente

Neste método, o material a reciclar é pré-aquecido. Este aquecimento pode ser realizado de duas formas:

B2.1) O material a reciclar é aquecimento conjuntamente com os agregados, e a sua incorporação pode ser feita de duas maneiras, Figura 4.23:

- 1) O betuminoso recuperado é adicionado no meio do tambor;
- 2) O betuminoso recuperado é adicionado no secador próximo da chama.

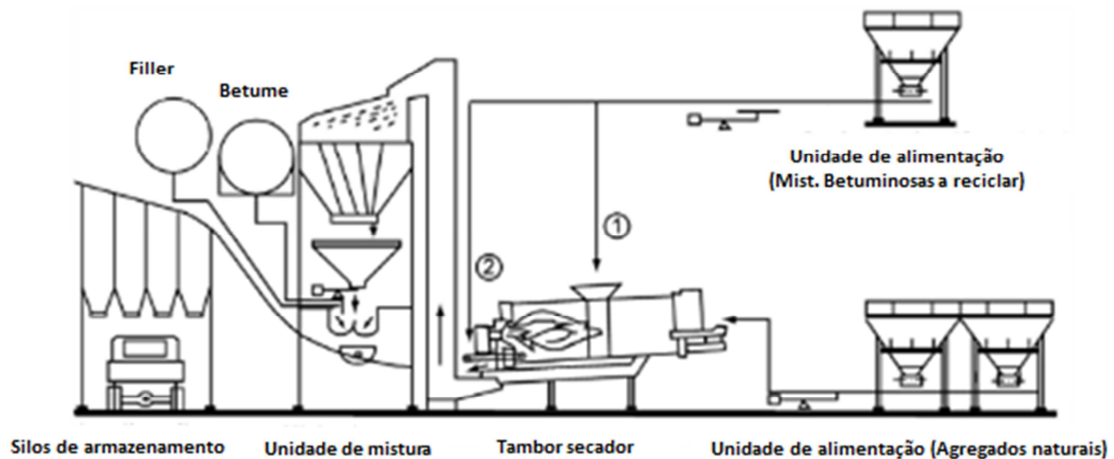


Figura 4.23 – Esquema de funcionamento - Central betuminosa descontínua método a quente (Adaptado de Mollenhaeuer, 2011)

A percentagem máxima de material recuperado a incorporar nas novas misturas por este método é de 20%

B2.2) O material a reciclar é pré-aquecido separadamente dos agregados novos. O pré aquecimento é efetuado com recurso a um secador suplementar, conforme se apresenta na Figura 4.24, o que evita o envelhecimento do betume.

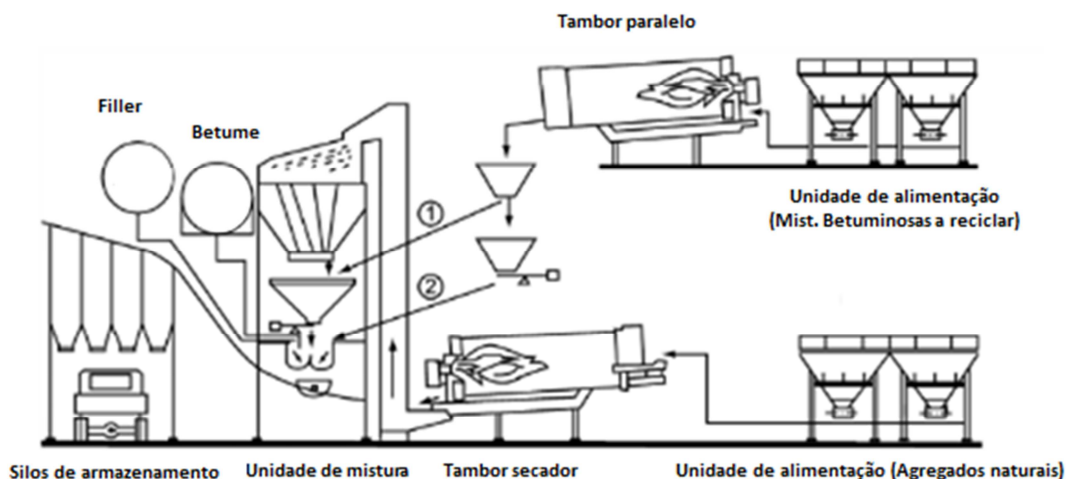


Figura 4.24 – Esquema de funcionamento - Central betuminosa descontínua método a quente (tambor paralelo) (Adaptado de Mollenhaeuer, 2011)

O material a reciclar é pesado, aquecido e seco no tambor paralelo, sendo posteriormente transferido para o misturador através de um silo pré-doseador. [16] Por este método é possível atingir uma percentagem de incorporação de betuminoso recuperado de 60%.

Em vez do recurso a um tambor paralelo, é também possível equipar a central com um tambor com fluxo de contracorrente (fluxos opostos). Nestas condições, a percentagem de material betuminoso recuperado pode atingir os 100%.

**C. Processo de mistura contínua (ContiMix)**

Com esta tecnologia, os materiais a reciclar e os agregados naturais seguem fluxos diferentes para o misturador, conforme se demonstra na Figura 4.25.

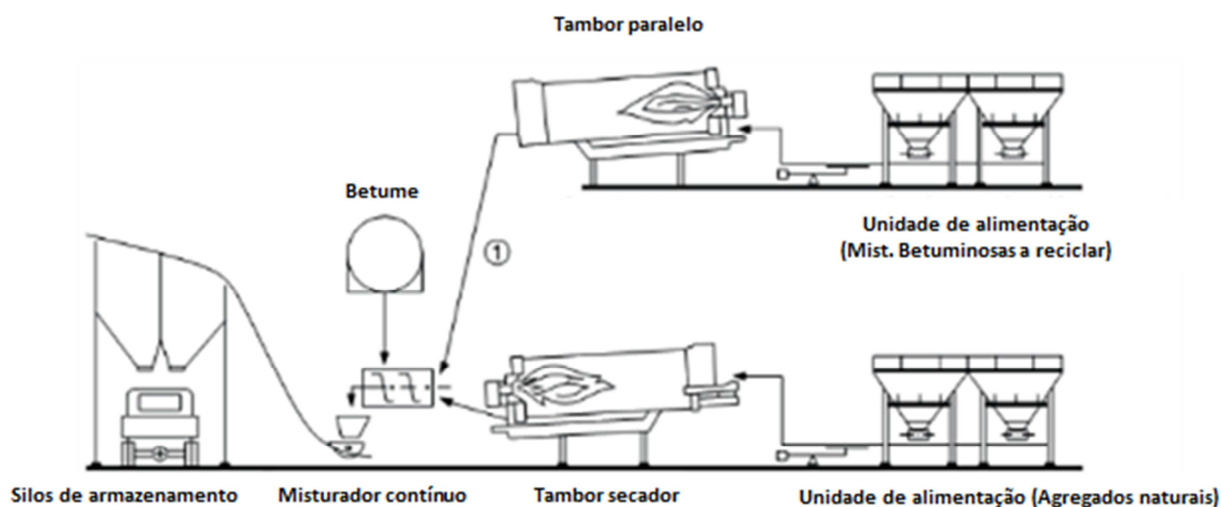


Figura 4.25 – Esquema de funcionamento - Central ContiMix (Adaptado de Mollenhaeuer, 2011)

À semelhança das centrais descontínuas, também possível equipar este tipo de central com um tambor com fluxo de contracorrente (fluxos opostos). Deste modo, a percentagem de material reciclado pode atingir os 100%.

No Quadro 4.12, é apresentado um quadro resumo com as percentagens máximas de material reciclado permitido em função do tipo de central e do método de adição do material a reciclar.

Quadro 4.12 – Percentagens máximas de material reciclado em função do tipo de central e do método de adição do material a reciclar [62]

Tipo de Central	Adição do material a reciclar	Max. % de material reciclado
Contínua (A)		25%
Descontínua	Método a frio (B1.1)	30%
	Método a frio (B1.2)	30%
	Método a quente (B2.1)	20%
	Método a quente (B2.2)	60%/100%
Conti-Mix (C)		60%/100%

Fonte: Mollenhaeuer, 2011

Além dos condicionalismos impostos pela central, as percentagens máximas de material betuminoso recuperado a incorporar nas novas misturas fica sempre condicionado às características e especificações definidas para a nova aplicação.

As melhorias tecnológicas introduzidas nas centrais, para acomodar o processo de reciclagem do betuminoso recuperado, tem vindo a aumentar nos últimos anos. Em países como a Alemanha, a Dinamarca, a Holanda, o Luxemburgo e a Suécia, a totalidade dos equipamentos preparados para reciclagem de misturas betuminosas ultrapassa os 90%, conforme se apresenta no Quadro 4.13. [60]

Quadro 4.13 – Número de centrais de produção de misturas betuminosas em países europeus em 2013 [60]

País	Centrais fixas	Centrais móveis	Centrais adaptadas para HMA	% de centrais adaptadas para HMA
	2013	2013	2013	2013
Alemanha	630		605	96,0%
Áustria	113	1	75	65,8%
Bélgica	38		28	73,7%

Quadro 4.13 – Número de centrais de produção de misturas betuminosas em países europeus em 2013 (Cont.) [60]

País	Centrais fixas	Centrais móveis	Centrais adaptadas para HMA	% de centrais adaptadas para HMA
	2013	2013	2013	2013
Croácia	55	3	6	10,3%
Dinamarca	38	0	36	94,7%
Eslováquia	51			-
Eslovénia	18	1	8	42,1%
Espanha	243	75	37	11,6%
Estónia	9	11	13	65,0%
Finlândia	59	22	62	76,5%
França**	434	62	>300	60,5%
Grécia***	195	3	1	0,5%
Holanda	41		40	97,6%
Hungria	85	5	42	46,7%
Irlanda	37		2	5,4%
Islândia***	4	4	2	25,0%
Itália	640	10	300	46,2%
Lituânia	38*	3*	24*	58,5%
Luxemburgo	4		4	100,0%
Noruega	85	10	40	42,1%
Polónia	300	35	4	1,2%
Portugal	25*	25*	15*	30,0%
Reino Unido***	240			-
República Checa	101	2	70	68,0%
Roménia	49	9	8	13,8%
Suécia	87	8	90	94,7%
Suíça	147	2	83	55,7%
Turquia***	176	462	10	1,6%

Fonte: EAPA, 2013

Legenda: \* Valor Estimado

\*\* Uma ou mais centrais são exploradas pela administração central e são propriedade desta

\*\*\* Uma ou mais centrais são exploradas pela administração central e/ou administrações locais e são propriedade desta(s)

#### 4.4.4.3.3.4. *Transporte, espalhamento e compactação de misturas betuminosas recicladas*

No que respeita ao transporte, espalhamento e compactação de misturas betuminosas fabricadas com material betuminoso recuperado, não há diferenças para as misturas tradicionais.

As misturas semi-quentes, devido à menor temperatura de produção, compatibilizadas com uma maior percentagem de material betuminoso recuperado, permitem maiores distâncias de transporte e o alargamento da campanha de pavimentação. [63]

#### 4.4.5. **Experiência de alguns países europeus na reutilização/reciclagem de materiais recuperados de infraestruturas rodoviárias**

Neste subcapítulo faz-se um resumo da experiência de determinados países da Europa em matéria de reutilização e/ou reciclagem de materiais de infraestruturas rodoviárias, nomeadamente da Alemanha, Portugal e Suécia.

Apresentam-se também exemplos concretos de reutilização e/ou reciclagem de materiais provenientes de pavimentos antigos em novas estruturas de pavimento realizados na Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, França e Suécia.

- **Alemanha**

Desde 1972 que a Alemanha tem legislação sobre a gestão de resíduos. Em 1996, através do Ato Ciclo fechado do produto e gestão de resíduos<sup>19</sup> (que veio revogar a anterior legislação de 1986), foi estabelecida a filosofia de que os produtores são responsáveis pela totalidade do ciclo de vida dos seus produtos que só termina quando o produto é reciclado ou colocado em aterro. Todos os resíduos produzidos durante o ciclo de vida do produto devem ser reintroduzidos no ciclo, levando só a aterro aqueles que não podem ser reutilizados ou reciclados. A colocação destes materiais em aterro só pode ser feita, após a entrega de uma especificação escrita emitida por uma unidade de reciclagem em como o material não pode ser reciclado. [42]

A gestão dos resíduos está a cargo dos estados federais. Estes definiram um catálogo comum para resíduos, classificando-os por classes “Z”, ordenadas de 0 a 5, de acordo com a presença, ou não, de substâncias perigosas. Também os agregados

---

<sup>19</sup> Traduzido do Inglês: “Closed substance cycle and waste management act”

reciclados são classificados em subclasses “RC”, de acordo com a presença de substâncias perigosas.

As classes definidas são as seguintes:

Z0 – Utilização sem restrições como material de construção;

Z1 – Utilização permitida em/sob estruturas permeáveis;

Z1.1 (RC-1) – Utilização permitida em zonas de proteção do domínio hídrico;

Z1.2 (RC-2) - Utilização restrita em zonas de proteção do domínio hídrico;

Z2 (RC-3) - Utilização permitida em/sob estruturas permeáveis com restrições para proteção do domínio hídrico;

Z3, Z4, Z5 – Deposição em aterro. [65]

Cerca de 100% dos materiais constituintes dos pavimentos rodoviários antigos, desde a fundação ao desgaste, são reciclados em materiais para construção de novas estruturas de pavimento e para revestimento de taludes. [66] No Quadro 4.14, são resumidas as aplicações dadas aos materiais provenientes de antigas infraestruturas rodoviárias. [52] [53] [67]

Quadro 4.14 – Resumo das novas aplicações dadas aos materiais provenientes de infraestruturas rodoviárias na Alemanha [52] [53] [67]

<b>Origem</b>	<b>Novas camadas não ligadas</b>	<b>Novas camadas de misturas com ligantes hidráulicos</b>	<b>Novas camadas de misturas betuminosas</b>
Material não ligado	x	x	x
Misturas com ligantes hidráulicos	x	x	x
Misturas betuminosas	x	x	o

Fonte: Gáspár, 2001; Mollenhaeuer, 2001; Thøgersen, 2001

Legenda: x Prática aplicada

o De acordo com especificações particulares

Na Alemanha, cada estado federal tem regulamentação própria e estabelece, nessas regulamentações, as percentagens máximas de material reciclado que podem ser incorporadas nas novas estruturas. As principais diferenças existem entre os estados orientais e ocidentais. [66]

Os materiais não ligados removidos de estradas antigas são provenientes de camadas superficiais, bases e sub-bases e são constituídos por materiais naturais. As principais aplicações são novas camadas de base, sub-base, aterro e enchimento. [65]

Para a execução de camadas não ligadas, base e sub-base, existe regulamentação técnica e ambiental específica.

Os materiais não ligados podem também ser incorporados em novas misturas com ligantes hidráulicos e novas misturas betuminosas. Nestas condições, os agregados terão que cumprir os mesmos requisitos mecânicos que os materiais naturais. As misturas betuminosas produzidas com agregados reciclados têm que ter um desempenho semelhante às misturas fabricadas com agregados virgens. [65]

Todos os tipos de pavimentos de betão e camadas de materiais aglutinados com ligantes hidráulicos são reciclados em novas camadas, normalmente britadas para camadas de material não ligado, tendo que cumprir os requisitos estabelecidos para a nova aplicação (base, sub-base ou aterro). [65] [66]

Todos os tipos de pavimentos betuminosos são reciclados em novas camadas de pavimentos. O material betuminoso recuperado é reciclado preferencialmente em novas misturas betuminosas. Só em casos excepcionais, quando a qualidade do betume puser em causa o desempenho da nova mistura, o betuminoso recuperado poderá ser aplicado em camadas não ligadas.

Na Alemanha, resumidamente, o material betuminoso é reciclado em novas misturas betuminosas, betão em novas misturas com ligante hidráulico e sub-bases em sub-bases. A reciclagem dos materiais em funcionalidades inferiores só deverá ser realizada em regime de exceção. [65]

- **Portugal**

A dimensão ambiental em Portugal foi consagrada na constituição em 1976, sendo aí reconhecida a existência de direitos e deveres ao nível ambiental. [68] A atual constituição, na mesma linha, prevê a defesa da natureza e do ambiente e a preservação dos recursos naturais e do ambiente.

A partir de 1986, após a adesão de Portugal à então Comunidade Económica Europeia (CEE), assiste-se à transposição da legislação comunitária para Portugal, sendo assim transferidas as preocupações e os compromissos europeus para o palco nacional. [13]

Em matéria de resíduos de construção e demolição, a legislação portuguesa em vigor, em conformidade com os objetivos definidos pela legislação nacional e comunitária, prevê:

- A definição de metodologias e práticas a adotar nas fases de projeto e execução da obra que privilegiem a aplicação do princípio da hierarquia das operações de gestão de resíduos;
- Que solos e rochas que não contenham substâncias perigosas, provenientes de atividades de construção, sejam reutilizados na obra de origem, noutra obra, em recuperação ambiental ou paisagística de explorações mineiras e de pedreiras, coberturas de aterros destinados a resíduos ou em locais licenciados para o efeito;
- Que a utilização de RCD em obra seja feita em conformidade com as normas técnicas nacionais e comunitárias em vigor. Na ausência destas, que sejam aplicáveis as especificações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), relativas à utilização de RCD em:
  - Agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos (E 471);
  - Aterro de camada de leito de pavimento de infraestruturas de transporte (E 474);
  - Agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos (E473);
  - Misturas betuminosas a quente (E 472). [69]

Visando a criação de condições legais para a correta gestão dos RCD, privilegiando a prevenção da produção e da perigosidade, o recurso à triagem na origem, à reciclagem e a outras formas de valorização, diminuindo-se a utilização de recursos naturais e minimizando o recurso à deposição em aterro, o que subsidiariamente conduz a um aumento do tempo de vida útil. À semelhança de outros países da Europa, Portugal também pratica taxas para deposição de materiais inertes em aterros.

A experiência portuguesa em matéria de reciclagem é modesta comparativamente a outros países.

As primeiras experiências significativas, foram trabalhos de reabilitação “in situ” a frio e em central a quente, no final da década de 90. [70]

A essa data, a EP (atual Infraestruturas de Portugal), não contemplava no seu Caderno de Encargo Tipo Obra (CETO) quaisquer disposições relativas a materiais reciclados. [70] Estas disposições foram incluídas na versão de Fevereiro de 2009, e eram relativas aos agregados reciclados para camadas não ligadas, em sub-base, base, e camadas traficadas não revestidas e às características das misturas recicladas “in situ” a frio e a quente em central. [70] [71] [72]

Em matéria de regulamentação para a utilização de materiais reciclados, vigoram as especificações do LNEC.

Embora Portugal tenha alguma experiência na reciclagem de misturas betuminosas, não foram encontradas experiências documentadas do fabrico de misturas betuminosas com materiais não ligados ou agregados de betão provenientes de rodovias antigas.

- **Suécia**

Desde a década de 90 que a Suécia reutiliza e/ou recicla materiais provenientes das infraestruturas rodoviárias, pavimentos em misturas betuminosas, resíduos de demolição de edifícios e de estradas, em novas aplicações em ambiente rodoviário. Em 1999, há registo da utilização do material betuminoso proveniente de antigos pavimentos em novas misturas betuminosas, fabricadas a quente e a frio e de material misturado, resíduos de construção e demolição, aplicado em enchimentos e em camadas de sub-base em secções para ensaios. [42]

A Suécia, tem uma longa tradição na utilização de materiais não ligados na construção rodoviária, pela sua melhor acomodação face a abatimentos bem como pelo seu comportamento mais favorável a baixas temperaturas, comparativamente às camadas ligadas. Associado a isso os materiais naturais, são economicamente acessíveis e de boa qualidade.

A gestão sustentada dos recursos, nomeadamente a utilização de agregados reciclados na construção rodoviária, foi potenciada pela fixação de diversos objetivos políticos e instrumentos de controlo conjugados com a definição e implementação de medidas técnicas e administrativas. [73]

Em 1995, foi introduzido um imposto para extração de agregado natural, pago pelo produtor. O material natural tem vindo a ser substituído por material britado, sendo cada mais dificultada a atribuição de licenças para a extração de materiais naturais. [73] Por outro lado, e em complemento, a criação de taxas para depósito de materiais, veio promover a reutilização e/ou reciclagem bem como impulsionar a pesquisa de soluções técnicas e económicas compatíveis.

Na Suécia, cerca de 95% dos materiais reciclados provenientes de estradas desmanteladas são aplicados na construção de novas estradas. [53]

No Quadro 4.15 são sintetizadas as novas aplicações dadas aos materiais provenientes de infraestruturas rodoviárias.

Quadro 4.15 – Resumo das novas aplicações dadas aos materiais provenientes de infraestruturas rodoviárias na Suécia [73]

<b>Origem</b>	<b>Novas camadas não ligadas</b>	<b>Novas camadas de mist. com ligantes hidráulicos</b>	<b>Novas camadas betuminosas</b>
Material não ligado	x	-	-
Misturas com ligantes hidráulicos	x	-	-
Misturas betuminosas	x	-	o

Fonte: Hellman, 2011

Legenda: x Prática aplicada

- Prática não aplicada

o Prática aplicada no fabrico de misturas a frio e semi-quente, de acordo com especificações

Os materiais não ligados provenientes de infraestruturas rodoviárias, são maioritariamente constituídos por agregados britados, e não britados, originários de camadas de base e sub-base e aplicados em novas camadas não ligadas de sub-base, leitos de pavimento, aterros e em enchimentos. [53]

De acordo com os regulamentos nacionais, os materiais reciclados não ligados, para aplicação em camadas não ligadas, têm que cumprir as mesmas especificações que os materiais não reciclados. As propriedades que os materiais têm que cumprir estão definidas no caderno de encargos da Swedish Road Administration.

Na reciclagem de materiais provenientes de infraestruturas rodoviárias em novas camadas não ligadas, utiliza-se o material agregado natural e o agregado betuminoso das camadas betuminosas. Também os pavimentos de betão são desmantelados e reciclados em materiais não ligados, embora na Suécia não seja comum demolir pavimentos em betão. [73]

Na Suécia, os materiais provenientes de antigos pavimentos não são utilizados em novas camadas de misturas com ligantes hidráulicos. [52] [59] [73] No entanto, o uso de resíduos de betão como enchimento é feito sem reservas. [57]

A demolição de pavimentos de betão é rara na Suécia. De facto, quando os pavimentos se apresentam degradados, recorre-se com frequência ao seu reforço com misturas betuminosas. Nestas condições, o pavimento de betão acaba por ser reutilizado como camada de base. [57]

Os materiais não ligados e misturas com ligantes hidráulicos recuperados de antigos pavimentos, não são utilizados no fabrico de novas misturas betuminosas. [62]

O desmantelamento de pavimentos betuminosos, com vista à reciclagem em novas misturas betuminosas, é feito por fresagem ou por escavação. Em ambos os casos os materiais betuminosos são separados dos outros materiais não betuminosos. [73]

Tradicionalmente, as misturas betuminosas constituintes dos pavimentos antigos têm proporcionado a reciclagem a baixas temperaturas, semi-quente e a frio.

No Quadro 4.16 sintetizam-se os principais métodos de reciclagem em central, e as principais aplicações das misturas betuminosas recicladas. [73]

Quadro 4.16 – Métodos de reciclagem em central e principais aplicações de misturas recicladas na Suécia [73]

Método	Camadas de aplicação	Ligante	Incorporação de RA
Reciclagem a quente (HMA)	Desgaste (*) Regularização (*) Base (*)	Betume de pavimentação	Entre 5% e 30% (**)
Reciclagem Semi-quente (WMA)	Desgaste (***) Base (***)	Betume de pavimentação ou betume espuma	Mais de 80%
Reciclagem a frio	Desgaste (***) Base (***)	Emulsão betuminosa, betume de pavimentação ou betume espuma	Mais de 80%

Fonte: Hellman, 2001 (Adaptado)

Legenda: (\*) Para todas as categorias de estradas e volumes de tráfego  
 (\*\*) As %s dependem do material betuminoso recuperado, processo de fabrico da mistura, tipo de central e camada a realizar  
 (\*\*\*) Maioritariamente para estradas com pequenos volumes de tráfego

Os regulamentos e especificações existentes limitam a percentagem de material betuminoso reciclado a 20% para camadas de desgaste e a 30% para camadas de regularização e de base. Todas as camadas de misturas betuminosas recicladas devem ser testadas à resistência por abrasão segundo a EN 12697-16 e cumprir os mesmos requisitos que as misturas tradicionais. [73]

No Quadro 4.17 descrevem-se alguns exemplos das experiências de países europeus em matéria de reciclagem de materiais provenientes de pavimentos antigos e as novas aplicações que lhes foram conferidas.

Quadro 4.17 – Exemplos de reciclagem de materiais provenientes de pavimentos antigos em alguns países da europa

Material original	Nova aplicação	Descrição	Conclusões
<b>Alemanha, alargamento da autoestrada A9, km94,400 ao km99,300, executado em 2004 [66]</b>			
Camada de desgaste em betão hidráulico	Camada de base em material não ligado	<p>O pavimento antigo, numa extensão de 5km, foi demolido por aríete e carregado para uma central onde foi britado.</p> <p>A granulometria do material resultante foi classificada como 0/32.</p> <p>O material recuperado foi utilizado como camada de base sob pavimento de betão entre a estrutura existente e a nova construção.</p>	<p>O betão demolido foi britado de acordo com as características definidas para a camada de base com pequena adição de novos agregados.</p> <p>O material final teve que cumprir os requisitos dos materiais naturais, em particular a granulometria.</p> <p>Não há informação de experiências negativas pelo uso de agregados de betão recuperados.</p>
<b>Áustria, construção experimental de 500m na autoestrada A10, km7,835 ao km8,340, Salzburg, executado em 1990 [74]</b>			
Camadas de regularização e desgaste em mistura com ligantes hidráulicos e mistura betuminosa, respetivamente	Mistura com ligantes hidráulicos em camada de regularização	<p>O pavimento, com cerca de 50 anos, proveio uma secção próxima do local de construção.</p> <p>O pavimento foi partido em peças e transportado para uma britadeira. Após a britagem o material recuperado foi classificado em frações 0/4, 4/8, 8/16, 16/32.</p> <p>A nova mistura foi aplicada com uma espalhadora, numa espessura de 0,19m.</p>	<p>Na nova mistura foram incorporados 62% do material recuperado (a fração 0/4 não foi utilizada)</p> <p>A mistura fabricada com os agregados de um pavimento com 50 anos apresenta qualidade semelhante às misturas fabricadas com materiais tradicionais.</p>

Quadro 4.17 – Exemplos de reciclagem de materiais provenientes de pavimentos antigos em alguns países da Europa (Cont.)

Material original	Nova aplicação	Descrição	Conclusões
<b>Bélgica, demolição de estrada e aproveitamento dos materiais como leito de pavimento, Bossimé, executado em 2007 [75]</b>			
Mistura com ligantes hidráulicos e mistura betuminosa	Camada de leito de pavimento	<p>Devido à modificação do sentido da estrada, parte da estrada existente foi demolida.</p> <p>As camadas betuminosas e de betão foram fresadas. As camadas subsequentes foram demolidas seletivamente.</p> <p>O material removido foi utilizado para a execução da camada de leito de pavimento com 0,30m.</p>	
<b>Dinamarca, demolição de um troço de 7km da autoestrada M30, demolido em 2009 [76]</b>			
Camada de desgaste em betão hidráulico	Camada de base em material não ligado	<p>O pavimento antigo em betão, numa extensão de 7km, foi demolido por aríete e carregado para uma central onde foi britado, num total de cerca de 27500ton.</p> <p>Depois de britado e crivado, o material foi classificado em frações 0/16 e 0/32.</p>	<p>Este caso de estudo evidencia o processo de reciclagem na Dinamarca.</p> <p>O betão demolido foi tratado e vendido como material de base não ligado de alta qualidade. Este material está disponível no mercado a par dos agregados virgens.</p>
<b>França, reabilitação de 20km da via de lentos da autoestrada A4, Paris, executado entre 2007 e 2008 [77]</b>			
Camada desgaste e camada de base em betão hidráulico	Camada de base em mistura betuminosa	<p>O pavimento de betão, executado em 1976, foi demolido e transportado para uma central de britagem.</p> <p>Depois de britado e crivado, o material foi classificado em frações 0/6 e 6/20.</p> <p>A nova mistura foi aplicada em 2 camadas num total de 0,20 a 0,24m.</p>	<p>No fabrico da nova mistura betuminosa de alto módulo, foi incorporado 60% do agregado recuperado.</p>

Quadro 4.17 – Exemplos de reciclagem de materiais provenientes de pavimentos antigos em alguns países da europa (Cont.)

Material original	Nova aplicação	Descrição	Conclusões
<b>Suécia, novo traçado da autoestrada E4, perto de Markaryd, executado entre 2004 e 2006 [78]</b>			
Misturas betuminosas em camada de desgaste e regularização	Camada de base em material não ligado	<p>Demolição de uma parte da antiga autoestrada, E4 para construção do novo traçado.</p> <p>As camadas betuminosas, foram escavadas, e o material resultante foi britado e crivado, num total de 70.000ton.</p> <p>O material betuminoso recuperado foi aplicado em camada de base em material não ligado com 0,15m de espessura, em substituição do agregado britado tradicional, numa secção da nova autoestrada</p>	<p>Os ensaios realizados, extração de tarolos, demonstraram que os materiais reciclados foram bem compactados.</p> <p>A monitorização efetuada, na camada de desgaste, demonstrou que a regularidade longitudinal tem um comportamento semelhante a outras secções realizadas com materiais convencionais.</p>

#### 4.5. Síntese das metodologias utilizadas em alguns países da europa

Na sequência do referido no subcapítulo 4.1, são seguidamente resumidas as soluções de desativação de infraestruturas encontradas em alguns países da europa.

Foram encontrados documentos que evidenciam a prática da renaturalização, embora os casos documentados apontem no sentido de que esta metodologia tem especial incidência em zonas ambientalmente sensíveis.

Relativamente à (re)conversão, a documentação analisada permite concluir que a desclassificação é uma prática generalizada em vários países da europa. A utilização de antigas partes de via, consequência de retificações ou realinhamentos do traçado, em caminhos pedestres, ciclovias, acessos particulares ou zonas de descanso, são situações contempladas no manual da Highway Agency, havendo exemplos desta metodologia no Reino Unido. A reconversão de antigas vias urbanas em amplas zonas de lazer também é uma prática documentada em alguns países da europa. O desmantelamento das antigas vias urbanas está, no entanto, dependente de questões de habitabilidade e mobilidade nos meios urbanos.

No que concerne à reciclagem de materiais de antigas estradas, existem efetivamente metodologias, que diferem de país para país, de estado para estado,

como na Alemanha, ou de região para região como na Bélgica, conforme as condições locais.

Alguns países da Europa, como a Alemanha, a Dinamarca, a França, a Holanda e a Suécia, apresentam, desde 1994, documentação relativa à aplicação de escórias de aciaria (produzidos pela indústria siderúrgica), agregados resultantes da indústria extrativa de mármore e granitos e outras rochas, materiais provenientes do desmantelamento de estradas e demolição de edifícios e materiais granulares resultantes da incineração de resíduos sólidos urbanos, em camadas de novos pavimentos rodoviários. [42] [79] [80] [81]

Alguns países da Europa fazem uso de instrumentos de controlo legais, económicos e técnicos para fomentar a utilização de materiais reciclados: a proibição relativa a deposição de RCDs em aterros, criação de taxas e impostos para dissuadir o uso de materiais naturais e a deposição de materiais inertes em aterro, assim como o desenvolvimento de documentação técnica para a aplicação de materiais reciclados em novas construções.

A Alemanha, a Bélgica, a Dinamarca, a Holanda e a Suécia, aplicam mais de 95% dos resíduos de construção e demolição na construção de novas estradas.

A reciclagem de materiais provenientes de antigas infraestruturas é uma realidade.

Os materiais retirados de antigas estradas são reutilizados ou reciclados em camadas de novos pavimentos, tendo como premissa o cumprimento das especificações definidas para as novas aplicações. No Quadro 4.18 resumem-se as principais aplicações dos materiais provenientes de antigas infraestruturas rodoviárias.

Quadro 4.18 – Resumo das proveniências e novas aplicações dos materiais provenientes de antigas infraestruturas rodoviárias [56]

Origem	Novas aplicações
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antigas camadas não ligadas</li> <li>- Agregado de betão (pavimentos de betão, obras de arte, obras de contenção, entre outros)</li> <li>- Agregado betuminoso (pavimentos)</li> <li>- Agregado misto – Mistura dos anteriores (antigas camadas de base, edifícios, entre outros)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Camadas superficiais não ligadas (ciclovias, caminhos pedonais, estacionamento, entre outros)</li> <li>- Novas camadas de base (Novas estradas, alargamentos, reconstruções)</li> <li>- Novas camadas de sub-base (Novas estradas, alargamentos, reconstruções)</li> <li>- Novas camadas de leito de pavimento</li> <li>- Bermas</li> </ul>

Fonte: Thøgersen, 2011

Em muitos países, as especificações exigidas aos materiais reciclados equiparam-se às definidas para os materiais naturais.

A investigação do comportamento dos materiais reciclados aponta no sentido de que, para as situações testadas, estes apresentam um desempenho semelhante aos materiais tradicionais.

## **5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE UM CASO DE ESTUDO – O LOTE 6 DA AUTOESTRADA TRANSMONTANA**

### **5.1. Introdução**

Neste capítulo, aborda-se o caso particular de um troço de uma via de grande capacidade, especificamente o Lote 6 da A4, Autoestrada Transmontana, que se desenvolve entre as localidades de Carvalhais, no concelho de Mirandela e Vale de Pradinhos, no concelho de Macedo de Cavaleiros, entre o km155+800 e o km167+600, observando-se a sequência de passos na análise das condicionantes existentes e as soluções efetivamente materializadas, no que se refere à renaturalização de troços desativados do antigo IP4.

O traçado da nova A4, aproveitou sempre que possível o traçado do IP4 existente, incluindo pontes e viadutos existentes, procedendo-se ao correspondente alargamento e necessárias retificações e adaptações, designadamente nas zonas das ligações.<sup>20</sup>

A escolha do Lote 6 resulta do facto de ser um troço onde o novo traçado se sobrepõe pontualmente ao antigo IP4, constituindo um exemplo perfeitamente enquadrado no tema deste trabalho.

### **5.2. Renaturalização de troços desativados do antigo IP4, do Lote 6 da Autoestrada Transmontana**

#### **5.2.1. Apresentação do Lote 6 da Autoestrada Transmontana**

O Lote 6, em análise, desenvolve-se genericamente com uma orientação Oeste-Este, nas freguesias de Carvalhais, Avantos e Romeu, do concelho de Mirandela e nas freguesias de Sezulfe e Amendoeira, no concelho de Macedo de Cavaleiros, num total de 11,8km, conforme se apresenta na Figura 5.1.<sup>21</sup>

---

<sup>20</sup> Auto Estradas XXI, BAFO (Best And Final Offer), Artigo 15.1 alínea a) – Memória geral, Pág. 28

<sup>21</sup> Auto Estradas XXI, PE A4/IP4, Lote 6 – Vol. 4.1 – Traçado Geral Plena Via, Extrato Peça desenhada 005-06-PE-04.1-DR-01-001-0B – Esboço Corográfico (Fevereiro 2010)

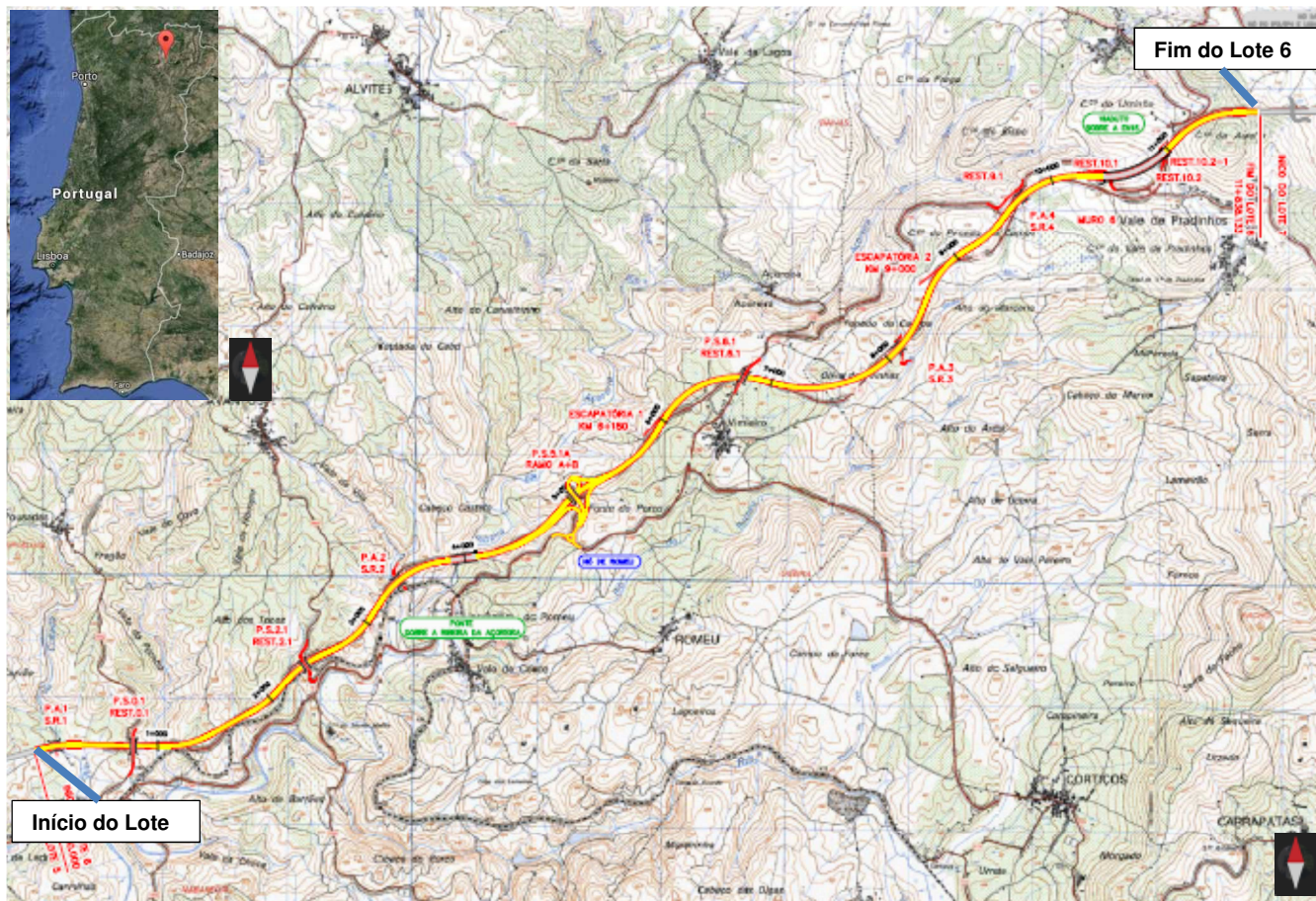


Figura 5.1 – Localização do Lote 6 da A4, Autoestrada Transmontana

### 5.2.2. Antecedentes e Pressupostos

O troço do IP4 entre Vila Real (Parada de Cunhos) e Bragança (Quintanilha), foi alvo de Estudo de Impacte Ambiental em fase de Estudo Prévio, em 2007, sujeito a procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA), que deu origem à DIA, emitida em 28 de setembro de 2007<sup>22</sup>. Posteriormente, em fase de projeto de execução, foi então elaborado o RECAPE.

O projeto de execução foi desenvolvido no sentido de otimizar o traçado, incorporando as melhores soluções técnicas que permitissem por um lado minimizar os impactes negativos e por outro potenciar os impactes positivos.<sup>23</sup>

Os pressupostos para a elaboração dos projetos de execução, comuns a todo o empreendimento<sup>24</sup>, no âmbito do tema, foram:

<sup>22</sup> Auto Estradas XXI, PE A4/IP4, Lote 6 – Vol. 23.1 – RECAPE, Sumário Executivo, Revisão 0A de 31-03-2010, Pág. 4

<sup>23</sup> Auto Estradas XXI, BAFO, Artigo 15.1 alínea c) – RECAPE Preliminar - Memória, Pág. 6

<sup>24</sup> Auto Estradas XXI, BAFO, Artigo 15.1 alínea c) – RECAPE Preliminar - Memória

- Aproveitamento sempre que possível do traçado do IP4 existente, procedendo-se ao alargamento necessário e reformulação dos nós de acesso afetados;
- Otimização do traçado, para minimização dos volumes de movimentação de terras;
- Aproveitamento do maior número possível de infraestruturas existentes
  - Utilizando os viadutos existentes para uma faixa e construindo um viaduto para a outra faixa
  - Utilização das PAs e PHs existentes, prolongando-as para acomodar o alargamento da(s) faixa(s)
- Utilização dos materiais das escavações da linha para a execução dos aterros;
- Renaturalização dos troços a desativar.<sup>25</sup>

O projeto de execução do Lote 6 foi desenvolvido tendo em consideração o corredor aprovado em sede de AIA, do A4/IP4 Vila Real (Parada de Cunhos) / Bragança (Quintanilha), as recomendações da DIA, relatório da CA<sup>26</sup>, incorporando os pressupostos acima referidos.

### **5.2.3. Características gerais do projeto<sup>27</sup>**

Apesar de se pretender um aproveitamento significativo do IP4 existente, no Lote 6 esse aproveitamento foi apenas pontual dada a necessidade de adequar a nova infraestruturas, das características técnicas de uma autoestrada. Este lote com cerca de 11.8km de extensão, integra os seguintes elementos:

- 1 Nó de Ligação;
- 1 Ponte (Ponte sobre a Ribeira da Açoreira com 210m );
- 1 Viaduto (Viaduto sobre a EN15 com 555m);
- 7 Restabelecimentos;
- 4 Serventias Rurais (associados a Passagens Agrícolas);
- 2 Escapatórias de emergência (km 6+200 e km 9+000, lado esquerdo);
- 1 Passagem de Fauna ao km 9+400.

O perfil transversal tipo adotado, em secção corrente apresenta uma largura de 25,00 m englobando duas faixas de rodagem com 7.00m, com duas vias de tráfego de

---

<sup>25</sup> Auto Estradas XXI, BAFO, Artigo 15.1 alínea c) – RECAPE Preliminar – Anexo I, Pág. 9

<sup>26</sup> Auto Estradas XXI, PE A4/IP4, Lote 6 – Vol. 23.1 – RECAPE, Sumário Executivo, Revisão 0A de 31-03-2010, Pág. 4

<sup>27</sup> Auto Estradas XXI, PE A4/IP4, Lote 6 – Vol. 4.1 - Traçado Geral - Memória, Revisão A de 09-03-2010, Pág. 8

3.50m cada, um separador central com 3.00m de largura, 2 bermas direitas com 3.00m de largura e 2 bermas esquerdas com 1.00, de largura.

O traçado da A4 é coincidente com o IP4, excetuando os seguintes troços<sup>28</sup>:

- Do km 0+500 ao km 1+100;
- Do km 1+181 ao km 1+580;
- Do km 1+620 ao km 2+100;
- Do km 2+200 ao km 2+500;
- Do km 2+800 ao km 3+200;
- Do km 3+300 ao km 3+800;
- Do km 4+200 ao km 4+600;
- Ramo A, do Nó do Romeu
- Do km 5+400 ao km 5+600;
- Do km 6+100 ao km 6+700;
- Do km 7+000 ao km 8+000;
- Do km 7+900 ao km 8+100;
- Do km 8+200 ao km 8+450;
- Do km 8+700 ao km 8+800;
- Do km 8+940 ao km 9+500;
- Do km 10+100 ao km 11+000;
- Do km 11+100 ao km 11+800.

Estes troços seriam alvo de uma atenção particular, procedendo-se à sua desativação e renaturalização, conforme referido no Plano de Integração Paisagística (PIP) deste Lote, num total de cerca de 8km.

#### **5.2.4. Condicionantes**

A execução do Lote 6, foi condicionada por 3 fatores principais:

1) A manutenção da exploração do IP4<sup>29</sup>

Durante a execução dos trabalhos teve que ser mantida a exploração do IP4, com algumas exceções.

O trânsito no IP4 foi interrompido pontualmente, para permitir os rebentamentos do desmonte com recurso a explosivos e aquando dos desvios de trânsito, que encaminharam o tráfego para as estradas e caminhos existentes, retomando o IP4 noutra ponto.

2) Imposição do número máximo de desvios de trânsito por lote e da sua execução desfasada no tempo<sup>30</sup>

No sentido de minimizar as incomodidades aos utentes, em função da extensão do empreendimento, foi definido que só seriam permitidos 2 desvios por lote, com uma

---

<sup>28</sup> Auto Estradas XXI, PE A4/IP4, Lote 6 – Vol. 7 – PIP, Revisão 0C de 21-06-2012, Pág. 4/5

<sup>29</sup> Auto Estradas XXI, BAFO, Artigo 15.1 alínea g) – Dossier de Exploração, Pág. 8

<sup>30</sup> Auto Estradas XXI, Intervenções preliminares na rede viária existente para desvios provisórios de trânsito do IP4 – Jan2011

duração máxima de 5 meses, e, que estes não poderiam ser implementados simultaneamente.

### 3) Indisponibilidade da parcela entre o km 3+250 e o km 3+625

À data do início dos trabalhos, no Lote 6, não estava todavia disponível a parcela entre o km 3+250 e o km 3+625.

A indisponibilidade desta parcela condicionou sobretudo a execução dos trabalhos de terraplenagens. Com uma forte componente quer de escavação quer de aterro, a indisponibilidade desta parcela fez aumentar o volume de material a vazadouro, numa primeira fase, e o material proveniente de empréstimo, numa segunda fase, após a disponibilização da parcela. Este volume foi de cerca de 90.000m<sup>3</sup>. A Figura 5.2 mostra o perfil longitudinal onde se indica a zona indisponível.

O facto de não se poder executar trabalhos entre os perfis referidos, fez aumentar a duração do primeiro desvio (desvio 6.1), adiando a implementação do segundo desvio (desvio 6.2).



Figura 5.2 – Perfil longitudinal km 2+800 ao km 4+200<sup>31</sup> - Indicação da zona indisponível (AE XXI, Projeto de Execução Lote 6)

#### 5.2.5. Descrição geral do modo de execução da obra

O Plano de Trabalhos<sup>32</sup> aprovado para a execução do Lote 6, apresentado em novembro de 2010, teve já em consideração as condicionantes mencionadas no subcapítulo 5.2.4, em particular a indisponibilidade da parcela situada entre o km 3+250 e o km 3+650. Neste sentido, executaram-se todos os trabalhos possíveis, envolvendo as seguintes espécies de trabalhos:

<sup>31</sup> Auto Estradas XXI, PE A4/IP4, Lote 6 – Vol. 4.1 – Traçado Geral Plena Via, Extrato Peça desenhada 005-06-PE-04.1-DR-06-003-0 – Secção Corrente – Perfil Longitudinal – Pk 2+800 ao Pk 4+200 (Fevereiro 2010)

<sup>32</sup> Auto Estradas XXI, PE A4/IP4, Lote 6 – Memória Descritiva e Justificativa do Plano de Trabalhos, Rev00 de 04-11-2010

- Terraplenagem;
- Drenagem;
- Pavimentação;
- Obras acessórias;
- Equipamentos de sinalização e segurança;
- Obras de arte correntes (4 passagens agrícolas, 3 passagens superiores, 1 passagem inferior, 1 passagem de fauna e 35 passagens hidráulicas);
- 2 Obras de arte especiais (Ponte sobre a Ribeira da Açoreira e Viaduto sobre a EN15).

Uma vez que todas as tarefas necessárias, para a realização dos trabalhos, estavam fortemente condicionadas pelo facto destas se desenvolverem junto ao IP4 em exploração, a zona de intervenção foi dividida da seguinte forma:

- IP 4 – km 0+000/km 0+775, Lado Direito (1ª fase);
- IP 4 – km 0+000/km 0+775, Lado Esquerdo (2ª fase);
- IP 4 – km 0+775/km 5+100;
- IP 4 – km 5+100/km 9+000, Lado Direito (1ª fase);
- IP 4 – km 5+100/km 9+000, Lado Esquerdo (2ª fase);
- IP 4 – km 9+000/km 11+838;

Os trabalhos decorreram em quatro frentes distintas:

- 1ª Frente (775m): Zona a Oeste da PS 0.1;
- 2ª Frente (4.325m): Da PS 0.1 ao Nó do Romeu;
- 3ª Frente (3.900m): Do Nó do Romeu a Este da escapatória (Incluindo a escapatória prevista);
- 4ª Frente (2.838m): Da escapatória a 700,00m do Nó da Amendoeira.

Para a execução dos trabalhos de construção, foi necessário implementar os seguintes desvios de trânsito:

Desvio 6.1 – entre o km 162+300 do IP4 e o Nó de Romeu;

Desvio 6.2 – entre o km 170+500 do IP4 e o Nó da Amendoeira.

A extensão destes desvios teve em consideração a proximidade aos possíveis pontos de intersecção com infraestruturas existentes, Estradas Nacionais ou Estradas Municipais e o menor transtorno aos utentes:

- Desvio 6.1 – entre o km 162+300 (IP4) e o Nó do Romeu

Neste subtroço, o traçado da A4 cruza por diversas vezes o IP4, com desníveis entre os 2.0 e os 8.0 m. Os locais onde existiam estes cruzamentos eram:

- km 1+175; km 1+600 e km 1+850
- km 2+150 e km 2+750
- km 3+200

Com este número de atravessamentos foi necessário prever o cruzamento do IP4 pelos meios de transporte afetos à obra, uma vez que de um modo geral as escavações se situavam a Norte do traçado existente, e os aterros a Sul.

Nesta zona de trabalhos estava prevista a existência de uma considerável quantidade de material a vazadouro, nomeadamente proveniente de desmonte com explosivos. Com a implementação do desvio de trânsito, o material excedente poderia ser colocado nos troços do IP4 que ficariam desativados, permitindo assim a sua renaturalização e a diminuição da quantidade de materiais conduzidos a vazadouros externos à obra.

- Desvio 6.2 – entre o km 170+500 (IP4) e o Nó da Amendoeira

Na zona de Vale de Pradinhos, ao km 9+700, os traçados do IP4 existente e da futura A4 eram coincidentes. No entanto, a cota da rasante da A4 subiu cerca de 10,0m, relativamente à existente (IP4).

Para a realização dos trabalhos foi então necessário desviar o tráfego para a EN15 numa extensão de 5.5 km.

A primeira frente de trabalhos iniciou-se no troço do IP 4 – 0+000, com o trânsito a circular no IP 4 existente, ainda que com vias de circulação mais estreitas e com velocidades mais reduzidas.

A segunda frente de trabalhos, do km 0+775 até ao km 5+100, com o trânsito a circular pelo Desvio 6.1.

A terceira frente, de trabalhos iniciou-se ao km 5+100 e foi até ao km 9+000 com o trânsito a circular no IP 4 existente, ainda que com vias de circulação mais estreitas e com velocidades mais reduzidas.

Na quarta frente de trabalhos, com início ao km 9+100 e final ao km 11+838, o trânsito irá circular pelo desvio 6.2.

Nas zonas de cruzamento entre o traçado existente e o novo traçado procedeu-se à execução de desvios provisórios, de modo a permitir a execução dos trabalhos nestas zonas.

Nas frentes de trabalho 1 e 3, os trabalhos decorreram lateralmente ao IP4 em exploração.

### 5.2.6. Imposições e Opções

A preconização do modo como a desativação/renaturalização dos troços do IP4 iria ser efetuada remetia para a estabilização dos taludes, bem como para o tratamento e revestimento vegetal, das zonas em causa, após a correspondente modelação<sup>33</sup>, incluindo a demolição dos pavimentos e a eliminação dos taludes, aproximando-se o mais possível do terreno natural<sup>34</sup>.

Neste sentido, afiguraram-se duas opções:

1) Utilização do espaço físico dos troços a desativar

Os troços do antigo IP4 permitiriam zonas de armazenamento temporário de materiais, bem como de depósito definitivo de materiais sobrantes das escavações, já que este troço é excedentário.

2) (Re)Utilização dos materiais existentes nos troços a desativar

Os materiais constituintes do antigo IP4 que poderiam ser reutilizados:

- Material betuminoso;
- Material britado da base e sub-base.

Estas ações tiveram que ser concertadas com as condicionantes existentes.

### 5.2.7. Materialização da desativação dos troços do IP4 interrompidos

Os troços do antigo IP4, interrompidos na sequência da construção da A4, 17 troços num total de cerca de 8km foram oferecendo diversas oportunidades no decurso dos trabalhos.

Conforme referido, a principal condicionante, prendeu-se com a necessidade de manter o IP4 em exploração. Mantendo as vias em funcionamento, só se poderia fazer uso do espaço e/ou dos seus materiais, quando o trânsito fosse transferido ou para o novo traçado ou desviado para as estradas contíguas.

Da análise do planeamento aprovado, e tendo em consideração a implementação dos desvios de trânsito preconizados, que permitiram a execução dos trabalhos, os troços interrompidos foram ficando disponíveis por zonas.

---

<sup>33</sup> Auto Estradas XXI, PE A4/IP4, Lote 6 – Vol. 7 – PIP, Revisão 0C de 21-06-2012, Pág. 5

<sup>34</sup> Auto Estradas XXI, PE A4/IP4, Lote 6 – Vol. 4.1 – Traçado Geral - Memória, Revisão A de 09-03-2010, subcapítulo 4.2.3 (Pág. 24)

### 5.2.7.1. Utilização do espaço físico dos troços interrompidos

Em termos de movimentação de solos, o Lote 6, configurava-se como uma obra excedentária, em cerca de 700.000m<sup>3</sup><sup>35</sup>, conforme diagramas apresentados na Figura 5.3

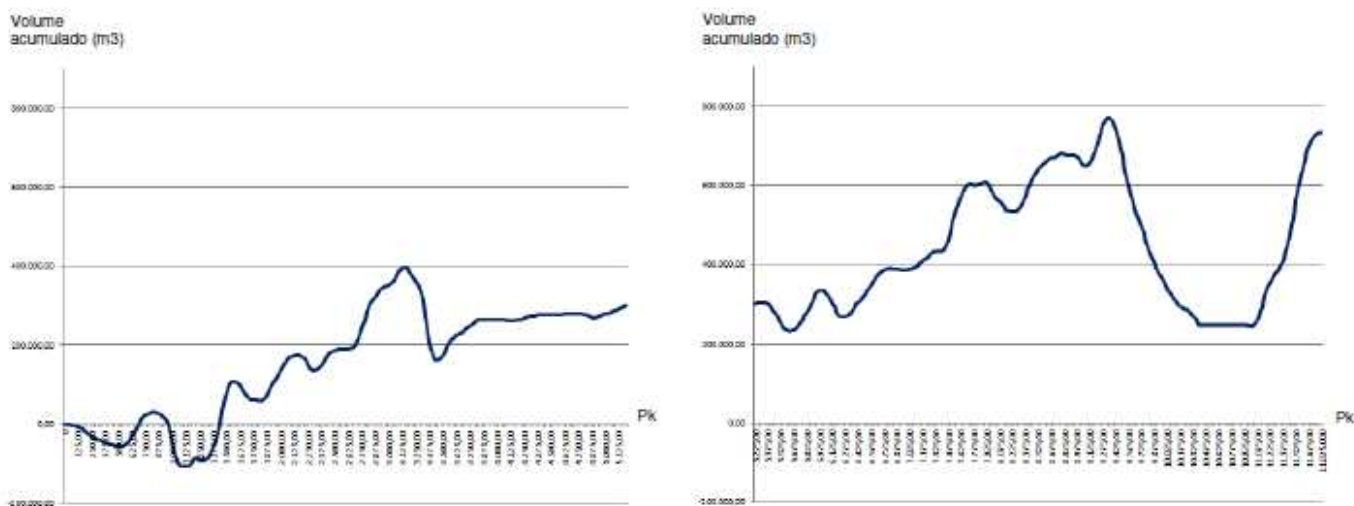


Figura 5.3 – Diagrama de Massas – km 0+000 até ao Nó do Romeu e Nó do Romeu até ao km 11+825 (CAET XXI, 2011)

De acordo com o projeto de execução, por um lado os materiais provenientes da escavação tinham características para serem aplicados em aterro, por outro cerca de 40% do material de escavação era material rochoso<sup>36</sup>.

Neste sentido, de forma a minimizar a quantidade de material a conduzir a depósito, foram propostas duas medidas:

- 1) Britagem do material rochoso para aplicação em Leito de Pavimento (estava previsto que o material rochoso fosse aplicado somente em aterro);<sup>37</sup>

Esta medida traduziu-se em cerca de 38.000m<sup>3</sup> de material que não foi conduzido a vazadouro e conseqüentemente material que não foi preciso adquirir para executar os leitos de pavimento.<sup>38</sup>

- 2) Utilização das zonas desativadas para depósitos definitivos do material excedentário escavado.

Os troços do IP4 desativados, no Lote 6, são praticamente todos em perfil de escavação ou mistos, esta situação permitiu depositar cerca de 120.000m<sup>3</sup> de

<sup>35</sup> Fonte: CAET XXI

<sup>36</sup> Auto Estradas XXI, PE A4/IP4, Lote 6 – Vol. 3 - Estudo Geológico e Geotécnico – Memória Descritiva e Justificativa – Revisão 0A de 19-04-2010, Pág 103 e 106

<sup>37</sup> Nota Técnica Complementar, incluída no PE

<sup>38</sup> Fonte: CAET XXI

solos, em modelação destas zonas para aproximação aos perfis originais, como se apresenta na Figura 5.4 e Figura 5.5.



Figura 5.4 – Utilização das zonas do IP4 desativadas como depósito de terras (CAET XXI, Mar2012 (n.º 757))



Figura 5.5 – Vista geral de uma zona do IP4 desativada utilizada como depósito definitivo

Sobre esta última medida, há a referir que foi solicitada a alteração do PIP, no sentido de acomodar esta solução, conforme se apresenta na Figura 5.6.

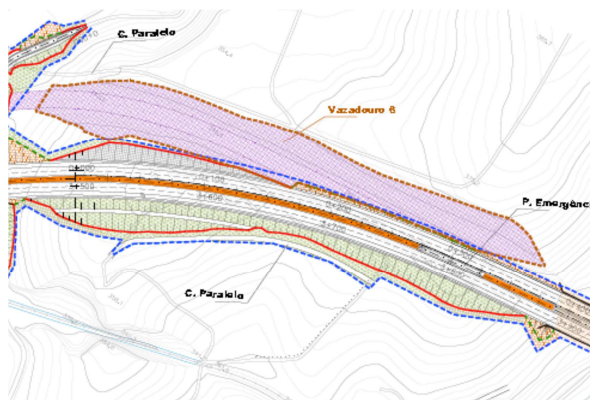


Figura 5.6 – Utilização das zonas desativadas como depósito – Vazadouro 6, PIP<sup>39</sup>

<sup>39</sup> Auto Estradas XXI, PE A4/IP4, Lote 6 – Vol. 7 – PIP, Revisão 0C, 21-06-2012 - Extratos das peças desenhadas 005-06-PE-07-DR-05-003-0C (Planta) e 005-06-PE-07-DR-02-003-0C (perfil transversal tipo)

Os troços desabilitados proporcionaram também locais de depósito temporário (estaleiros de apoio), para armazenagem de/para a obra designadamente, materiais de drenagem, materiais para bases, separadores móveis de betão, entre outros, que noutras circunstâncias teriam que ter sido transportados a estaleiro.

### 5.2.7.2. (Re)Utilização dos materiais existentes nos troços interrompidos

De forma a dar cumprimento ao previsto no PE, foi necessário proceder à demolição dos pavimentos. Neste sentido promoveu-se a incorporação destes materiais na nova obra:

- Material Betuminoso;
- Material granular.

Do levantamento efetuado, o antigo IP4 tinha uma constituição de pavimento de 0.15+0.092+0.065 (ABGE+Mac+BB)<sup>40</sup>, de onde resultaram os volumes constantes no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Quantidade de material betuminoso e ABGE dos troços desativados

Pk inicial	Pk final	Comp Total (m)	Larg média da via (m)	M. Betuminoso (m3)		ABGE (m3) c/ 0,15m de esp.
				1ª Camada c/ 0,065m de esp.	2ª Camada c/ 0,092m de esp.	
0+000	0+400	340,00	8,30	183,43	259,62	423,30
0+500	1+100	510,00	8,30	275,15	389,44	634,95
1+181	1+580	339,15	8,30	182,97	258,97	422,24
1+620	2+100	408,00	8,30	220,12	311,55	507,96
2+200	2+500	255,00	8,30	137,57	194,72	317,48
2+800	3+200	340,00	8,30	183,43	259,62	423,30
3+300	3+800	425,00	8,30	229,29	324,53	529,13
4+200	4+600	340,00	8,30	183,43	259,62	423,30
5+400	5+600	170,00	8,30	91,72	129,81	211,65
6+100	6+700	510,00	8,30	275,15	389,44	634,95
7+000	8+000	850,00	8,30	458,58	649,06	1.058,25
7+900	8+100	170,00	8,30	91,72	129,81	211,65
8+200	8+450	212,50	8,30	114,64	162,27	264,56

<sup>40</sup> Agregado britado de granulometria extensa + Macadame betuminoso + Betão betuminoso  
Auto Estradas XXI, BAFO, alínea 15.1 b) Estudo Rodoviário – Memória Descritiva Anexo VI.3, Pág. 33

Quadro 5.1 – Quantidade de material betuminoso e ABGE dos troços desativados (Cont.)

Pk inicial	Pk final	Comp Total (m)	Larg média da via (m)	M. Betuminoso (m3)		ABGE (m3)
				1ª Camada c/ 0,065m de esp	2ª Camada c/ 0,092m de esp	c/ 0,15m de esp
8+700	8+800	85,00	8,30	45,86	64,91	105,83
8+940	9+500	476,00	8,30	256,80	363,47	592,62
10+100	11+000	765,00	8,30	412,72	584,15	952,43
11+100	11+800	200,00	8,30	107,90	152,72	249,00
<b>Totais</b>				<b>3.450,45</b>	<b>4.883,72</b>	<b>7.962,58</b>

Fonte: CAET XXI, 2012

Neste sentido, procedeu-se à escavação seletiva dos materiais. O material betuminoso foi britado, conforme se apresenta na Figura 5.7, e aplicado em caminhos paralelos, como se mostra na Figura 5.8, e em acessos, num total de cerca de 6.700m<sup>3</sup>. O material granular foi aplicado pontualmente em Leitos de Pavimento e maioritariamente em caminhos paralelos e acessos, num total de 8.000m<sup>3</sup>.



Figura 5.7 – Demolição e britagem do material betuminoso dos troços desativados (CAET XXI. Jul2011 (n.º 627)



Figura 5.8 – Material betuminoso britado aplicado em caminhos paralelos

Em resumo, conseguiu-se incorporar, na obra, cerca de 85% dos materiais provenientes das camadas betuminosas, e **100%** do material das camadas granulares, com as correspondentes vantagens económicas e ambientais.

### 5.2.8. Outras Boas Práticas

Das vias como o antigo IP4, além dos materiais referidos no ponto anterior fazem parte delas também outros equipamentos que constituem boas oportunidades de reutilização, aquando do seu desmantelamento.

No caso particular do Lote 6, foi possível reutilizar mais alguns materiais e incorpora-los de alguma forma na obra a construir ou proceder à sua armazenagem para intervenções no âmbito da conservação. No Quadro 5.2, sintetizam-se as restantes boas práticas praticadas.

Quadro 5.2 – Quadro resumo de outras boas práticas na utilização de materiais

<b>Materiais removidos dos troços desativados</b>	<b>Aplicação</b>	<b>% de aproveitamento</b>
Vedações	Aplicadas em proteções provisórias nos separadores móveis de betão	100%
Postes SOS e guarda corpos	Armazenagem para aplicação em regime de Conservação	0%
Guardas de segurança semi-flexíveis	Aplicação em caminhos paralelos Armazenagem para aplicação em regime de Conservação	70% (a)
Pórticos, semi-pórticos e estruturas de suporte	Armazenagem para aplicação em regime de Conservação	100%
Equipamento de guiamento e balizagem	Colocação em Restabelecimentos	25% (a)

(a) Muitas destas peças estavam danificadas

Fonte: CAET XXI, Ago2012

### 5.2.9. Balanço Final

O Lote 6, incluído na subconcessão da Autoestrada Transmontana viu, à semelhança dos restantes lotes deste empreendimento, os principais impactes da sua construção identificados no Estudo de Impacte Ambiental e as correspondentes medidas de correção e/ou mitigação incorporadas no projeto de execução, incluindo a necessidade de proceder à renaturalização dos troços do antigo IP4, desativados por via da retificação do traçado para aquisição das características de autoestrada.

As condicionantes existentes, nomeadamente a necessidade de manter o IP4 em exploração, o desfasamento temporal dos desvios de trânsito e a indisponibilidade da

parcela entre o km 3+250 e o km 3+625, definiram o modo de execução dos trabalhos e regularam as opções relativamente à forma de valorização dos troços existentes a desativar e dos seus materiais.

No Quadro 5.3 apresentam-se, resumidamente, as várias ações levadas a efeito e a fase em que foi tomada a iniciativa para a sua implementação.

Quadro 5.3 – Resumo das ações realizadas no Lote 6

Designação	Iniciativa da ação realizada	
	Fase Projeto	Fase Execução
<b>TERRAPLENAGEM</b>		
• Otimização do traçado para minimização dos mov. de terras	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Utilização do material escavado na execução dos aterros	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Utilização do material rochoso escavado, na execução de leitos de pavimento (a)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
• Depósito de materiais	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>DRENAGEM</b>		
• Restabelecimento dos órgãos existentes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>PAVIMENTAÇÃO</b>		
• Utilização do material betuminoso, na pavimentação de caminhos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
• Utilização do material de base/sub base em caminhos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>OBRAS ACESSÓRIAS</b>		
• Aproveitamento das vedações existentes, para utilização provisória	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>EQ. SINALIZAÇÃO, SEGURANÇA, GUIAMENTO E BALIZAGEM</b>		
• Aproveitamento das guardas de segurança	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
• Pórticos, semi-pórticos e estruturas de apoio para conservação	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
• Aproveitamento dos equipamentos de guiamento e balizagem	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>OBRAS DE ARTE CORRENTES</b>		
• Aproveitamento do betão das Obras de Arte existentes, para aplicação em caminhos de acesso após britagem	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
• Ampliação das obras de arte integradas existentes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>OBRAS DE ARTE ESPECIAIS</b>		
• Duplicação da faixa de rodagem com aproveitamento da obra existente, Ponte da Açoreira	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(a) Alteração ao projeto solicitada no decorrer da execução dos trabalhos de construção

Conclui-se que muitas ações, no âmbito do tema do trabalho, foram tomadas após a fase de projeto, revelando flexibilidade e predisposição, em privilegiar opções ambientalmente vantajosas e economicamente atrativas, durante a execução dos trabalhos, com as correspondentes benefícios em matéria social.

Com efeito, a desativação dos troços do IP4 interrompidos pela nova A4, traduzem-se no aproveitamento desses mesmos troços e dos seus materiais para introdução de melhorias significativas na execução dos trabalhos.

As melhorias prenderam-se, generalizadamente, com a diminuição da necessidade de vazadouros e a consequente redução das distâncias de transporte, bem como a redução da necessidade de materiais para a execução dos leitos de pavimento e do revestimento dos caminhos paralelos e acessos, com agregados não ligados.

Poder-se-ia ter equacionado a possibilidade de incorporação dos materiais, provenientes das camadas betuminosas do pavimento do antigo IP4, nas novas misturas betuminosas. No entanto, o facto de se necessitar de manter o trânsito em circulação nessa via, levou a que essa possibilidade fosse abandonada.

Por outro lado, outros materiais, retirados desses troços, puderam ser incorporados na obra, como as guardas de segurança flexíveis aplicadas em caminhos paralelos, mas muitos outros não tendo aplicação direta poderão vir a ter utilidade em regime de conservação.

Em resumo, pode-se considerar que a desativação dos troços do antigo IP4 existentes no Lote 6, foi efetuada com sucesso, apresentando claras vantagens ambientais, económicas e técnicas, que se revelaram também positivas a nível e social.



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

### 6.1. Considerações finais

A integração da desativação no processo de planejamento, desde a fase da concepção, permite determinar as opções mais adequadas e garantir que se procede correta e atempadamente à definição de uma solução compatível para a via a desativar. Neste sentido, a desativação da infraestrutura, ou parte dela, deverá ser parte integrante do projeto da nova obra (ou remodelação da via existente), quer seja incluída no Estudo de Impacte Ambiental quer na demais documentação contratual, sob pena de não ser realizada.

O fim a atribuir a uma infraestrutura desativada tem que ser analisado caso a caso e depende da causa que levou à desativação, das características da via desativada, da zona envolvente e da nova via. As opções são a renaturalização, a (re)conversão e a reutilização/reciclagem dos materiais existentes, como complemento das duas primeiras.

Do ponto de vista ambiental, a renaturalização dos troços obsoletos, deve ser encarada como uma medida compensatória pelos impactes causados pela implantação da via original. Deste modo, a renaturalização deve ser a primeira opção. Quando a renaturalização não é possível pode-se optar por converter a via para novas valências que podem permitir que esta mantenha as suas funções rodoviárias, ou adaptá-la para que esta desempenhe outra função.

Diversos países da europa apresentam casos concretos de renaturalização, onde os troços de via desativados foram desmantelados e os materiais removidos foram aplicados na nova obra. Também estão documentadas situações onde as vias desativadas foram convertidas, umas mantendo a função rodoviária, outras dando lugar a ciclovias, caminhos pedestres ou zonas de lazer. No entanto, com exceção do Reino Unido, estas práticas têm mais carácter de estratégias do que de metodologias.

No que concerne à reutilização e reciclagem dos materiais provenientes de antigas estradas aplicados novamente em ambiente rodoviário, existem efetivamente metodologias, em alguns países europeus. A aplicação de materiais removidos de antigas estradas em camadas de novos pavimentos é uma prática corrente. Com efeito, os estudos efetuados e a experiência apontam no sentido de que os materiais reciclados têm comportamentos semelhantes aos materiais naturais e são compatíveis com situações de elevado volume de tráfego.

No entanto, e apesar da evolução ideológica no sentido de incluir as matérias ambientais nos processos de decisão, do progresso técnico e tecnológico que permite o uso de materiais alternativos em substituição dos materiais tradicionais, a desativação só será uma realidade se for uma prática sustentável para tal tem que ser economicamente viável.

## **6.2. Recomendações**

Do estudo realizado sobre o tema podem propor-se as seguintes recomendações para trabalhos futuros:

- A análise de custo do ciclo de vida das infraestruturas, considerando a fase de desativação, uma vez que tendencialmente, a análise de custo do ciclo de vida só é considerada até à fase da operação.

- A inclusão da desativação das vias existentes no projeto de execução.

No caso de obras novas, a desativação além de constar do Estudo de Impacto Ambiental, como medida de minimização para a componente biológica, deve fazer parte integrante do projeto de execução. O tratamento das zonas desativadas deve ser pormenorizada nos elementos de projeto específicos e orçamentada na nova intervenção.

No caso dos projetos que dispensem o procedimento de AIA, como os projetos de melhoramento do traçado onde as retificações são pontuais, deve ser feita referência à necessidade de tratamento das zonas desativadas preferencialmente pela sua naturalização, nos documentos contratuais.

- No que respeita à reciclagem

- Em cenário de desativação de uma estrada devem ser impostas percentagens mínimas de reaproveitamento/reciclagem dos materiais existentes, nomeadamente materiais inertes;
- É indispensável conhecer o comportamento dos materiais reciclados a partir da 2ª geração. Aplicando materiais reciclados em novos pavimentos, quando estes estiverem a chegar ao seu limite de vida, os seus constituintes deveriam ser reciclados/reaproveitados novamente;
- A reciclagem de materiais betuminosos recuperados, a tendência aponta para a redução dos consumos de energia, não só na produção como na aplicação. Neste sentido, devem ser desenvolvidas tecnologias que permitam o aumento da percentagem de material betuminoso recuperado em misturas produzidas e aplicadas a mais baixas temperaturas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] European Environmental Bureau, 2005 EU Environmental Policy Handbook - A Critical Analysis of EU Environmental Legislation [em linha] [Consultado a 23 de Agosto de 2013] disponível em:  
<http://www.eeb.org/?LinkServID=3E1E422E-AAB4-A68D-221A63343325A81B>
- [2] Confartigianato, EU Environmental issues and policies guidelines [Em linha] (Sem data). [Consultado a 09 de Setembro de 2015] Disponível na internet em:  
<http://www.ueapme.com/business-support%20II/Training%20Tools/Confartigianato/Environment/EU%20Environmental%20Guide.pdf>
- [3] Tratado da União Europeia (92/C 191/01) [em linha] [Consultado a 09 de Setembro de 2015] disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/pt/treaties/dat/11992M/htm/11992M.html>
- [4] Cimeira de Paris, 1972 [Em linha] [Consultado a 22 de Agosto de 2015] disponível em: [http://aei.pitt.edu/1919/03/Paris\\_1972\\_speeches.pdf](http://aei.pitt.edu/1919/03/Paris_1972_speeches.pdf)
- [5] Portugal. Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente – Síntese da legislação comunitária de Ambiente - Gabinete de Relações Internacionais [em linha] [Consultado a 09 de Setembro de 2015] disponível em:  
[https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB8QFjAAahUKEwinkJ2bkurHAhUDcRQKHScIAB8&url=https%3A%2F%2Ffenix.tecnico.ulisboa.pt%2FdownloadFile%2F3779571243685%2F%25C3%25ADntese\\_leg\\_com\\_ambiente.doc&usq=AFQjCNFQo43oLFvn0NSszS\\_xAhiH8Hfo4A&sig2=iNZZJ6JG3f3n2tIWYjSdJg&bvm=bv.102022582.d.ZGU](https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB8QFjAAahUKEwinkJ2bkurHAhUDcRQKHScIAB8&url=https%3A%2F%2Ffenix.tecnico.ulisboa.pt%2FdownloadFile%2F3779571243685%2F%25C3%25ADntese_leg_com_ambiente.doc&usq=AFQjCNFQo43oLFvn0NSszS_xAhiH8Hfo4A&sig2=iNZZJ6JG3f3n2tIWYjSdJg&bvm=bv.102022582.d.ZGU)
- [6] **Resolução da Assembleia da República n.º 32/86. D.R. I Série, 296 (26-12-1986) 3818(1)- 3818(14)** Aprova o Acto Europeu Único estabelecido
- [7] **Resolução da Assembleia da República n.º 7/99. D.R. I-A Série 42 (19-2-1999). 864-982** - Aprova, para ratificação, o Tratado de Amesterdão

- [8] Commission of the European Communities, 1999 COM (1999) 543 final COMMUNICATION FROM THE COMMISSION, Europe's Environment: What directions for the future? The Global Assessment of the European Community Programme of Policy and Action in relation to the environment and sustainable development, 'Towards Sustainability' [em linha] [Consultado a 09 de Setembro de 2015] disponível em: [https://infoeuropa.eu/ocid.pt/opac/?func=service&doc\\_library=CIE01&doc\\_number=000055834&line\\_number=0001&func\\_code=WEB-FULL&service\\_type=MEDIA](https://infoeuropa.eu/ocid.pt/opac/?func=service&doc_library=CIE01&doc_number=000055834&line_number=0001&func_code=WEB-FULL&service_type=MEDIA)
- [9] Decisão n.º 1600/2002/EC, de 22 Julho 2002. Laying down the Sixth Community Environment Action Programme [em linha] [Consultado a 09 de Setembro de 2015] disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002D1600&from=EN>
- [10] Decisão n.º 1386/2013/UE, de 20 de Novembro de 2013. Relativa a um programa geral de acção da União para 2020 em matéria de ambiente "Viver bem, dentro dos limites do nosso planeta" [em linha] [Consultado a 09 de Setembro de 2015] disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013D1386&from=EN>
- [11] Regulamento n.º 1291/2013/UE, de 11 de Dezembro de 2013 que cria o Horizon 2020 – Programa Quadro de Investigação e Inovação (2014-2020) [em linha] [Consultado a 09 de Setembro de 2015] disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013D1386&from=EN>
- [12] WCED, *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*, [Em linha] *Brundtland*: UN. 1987. [Consultado a 11 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#l>
- [13] Pinheiro, M. Duarte. *Ambiente e Construção Sustentável*. Lisboa: Agência Portuguesa do Ambiente/Instituto do Ambiente. 2006. ISBN 972-8577-32-X

- [14] Maestro, M e Ibáñez, C. Sostenibilidad de las carreteras y de las estructuras de hormigón. Cemento-Hormigón [Em linha]. N.º 923 36-47 (Enero/2009)  
[Consultado a 6 Agosto de 2012] disponível em:  
[http://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=sostenibilidad%20de%20las%20carreteras%20y%20de%20las%20estructuras%20de%20hormig%C3%B3n&source=web&cd=1&cad=rja&sqi=2&ved=0CCUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ieca.es%2Fshow\\_doc.asp%3Fid\\_doc%3D32&ei=LXtcUOmEAYyWhQeRzIHocw&usq=AFQjCNHbM2 ENe mlhDGCc9V6ktj5 ZgA](http://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=sostenibilidad%20de%20las%20carreteras%20y%20de%20las%20estructuras%20de%20hormig%C3%B3n&source=web&cd=1&cad=rja&sqi=2&ved=0CCUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ieca.es%2Fshow_doc.asp%3Fid_doc%3D32&ei=LXtcUOmEAYyWhQeRzIHocw&usq=AFQjCNHbM2 ENe mlhDGCc9V6ktj5 ZgA)  
ISSN: 0008-8919.PR:36-47
- [15] Dinis, R., *Regulação das infraestruturas rodoviárias* [Em linha] sem data.  
[Consultado a 19 de Março de 2015] Disponível na internet em  
[http://www.estig.ipbeja.pt/~ac\\_direito/RegRodov.pdf](http://www.estig.ipbeja.pt/~ac_direito/RegRodov.pdf)
- [16] Branco, F., Pereira, P e Santos, L. Picado. *Pavimentos Rodoviários*. Lisboa: Almedina. 2008 ISBN 978-972-40-2648-0
- [17] Estradas de Portugal SA, APA, Instituto Superior Técnico. Guia Técnico para a elaboração de Estudos no âmbito da Avaliação de Impacte Ambiental de Infraestruturas Rodoviárias, Lisboa: EP,SA. 2009 ISBN 978-989-8498-13-9
- [18] **Lei n.º 34/2015 D.R. I Série. 81 (27-4-215) 2080 – 2098** – Aprova o novo Estatuto das Estradas da Rede Rodoviária Nacional
- [19] ICNB, 2008 - Manual de apoio à análise de projetos relativos à implementação de infraestruturas lineares. Instituto da Conservação da Natureza e Biodiversidade. Relatório não publicado. 65pp [Em linha] [Consultado a 30 de Agosto de 2015] Disponível na internet em:  
<http://www.icnf.pt/portal/naturaclas/ordgest/aa/resource/doc/man-infra-lin>
- [20] **Directiva 85/337/CEE, de 27 de Junho**
- [21] **Directiva 97/11/CE, de 3 de Março**
- [22] **Decreto-Lei n.º 197/2005 D.R. I Série-A. 214 (8-11-2005) 6411 – 6438**
- [23] Estradas de Portugal SA, Caderno de Encargos Tipo Obra, 14.01 Terraplenagens, Características dos Materiais, 2009 [em linha] [Consultado a 10 de Maio de 2015] Disponível na internet em:  
<http://www.estradasdeportugal.pt/index.php/pt/areas-de-atuacao/empreendimentos>

- [24] Thøgersen, F. et al., *Synthesis of national and international documents on existing knowledge regarding the recycling of reclaimed road materials in unbound layers*, [Em linha] 2011 Direct\_Mat Dismantling and Recycling Techniques for road Materials – Sharing Knowledge and practices (WP2 – Unbound materials) *Deliverable D3 – Annex 6: National Document review from Slovenia* [Consultado a 01 de Setembro de 2015] Disponível na internet em: [http://www.direct-mat.eu/spip.php?article423&par\\_article=2&rubSB=23&id\\_article=423](http://www.direct-mat.eu/spip.php?article423&par_article=2&rubSB=23&id_article=423)
- [25] Estradas de Portugal SA, Caderno de Encargos Tipo Obra, 14.02 Drenagem, Características dos Materiais, 2009 [em linha] [Consultado a 10 de Maio de 2015] Disponível na internet em: <http://www.estradasdeportugal.pt/index.php/pt/areas-de-atuacao/empreendimentos>
- [26] Estradas de Portugal SA, Caderno de Encargos Tipo Obra, 15.02 Drenagem, Métodos construtivos, 2009 [em linha] [Consultado a 10 de Maio de 2015] Disponível na internet em: <http://www.estradasdeportugal.pt/index.php/pt/areas-de-atuacao/empreendimentos>
- [27] Azevedo, M. *Directivas para a concepção de pavimentos – Critérios de dimensionamento* - Documento Base, INIR [em linha] sem data [Consultado a 20 de Setembro de 2015] Disponível na internet em: <http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/InfraestruturasRodoviaras/InovacaoNormalizacao/Divulgao%20Tcnica/DiretivasConstrucaoPavimentosCritériosDimensionamento.pdf>
- [28] Reis, N. “*Análise estrutural de pavimentos rodoviários Aplicação a um pavimento reforçado com malha de aço*” *Dissertação para a obtenção do grau de mestre em engenharia civil. 2009* [Em linha]. [Consultado a 20 de Setembro de 2015] Disponível na internet em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395139414347/Tese%20FINAL.pdf>
- [29] Estradas de Portugal SA, Caderno de Encargos Tipo Obra, 14.04 Obras Acessórias, Características dos Materiais, 2009 [em linha] [Consultado a 10 de Maio de 2015] Disponível na internet em: <http://www.estradasdeportugal.pt/index.php/pt/areas-de-atuacao/empreendimentos>

- [30] Estradas de Portugal SA, Caderno de Encargos Tipo Obra, 14.05 Equipamentos de Sinalização e Segurança, Características dos Materiais, 2009 [em linha] [Consultado a 10 de Maio de 2015] Disponível na internet em: <http://www.estradasdeportugal.pt/index.php/pt/areas-de-atuacao/empreendimentos>
- [31] Estradas de Portugal SA, Caderno de Encargos Tipo Obra, 14.06/1407/14.08 Obras de arte integradas e Obras de arte especiais, Características dos Materiais, 2009 [em linha] [Consultado a 10 de Maio de 2015] Disponível na internet em: <http://www.estradasdeportugal.pt/index.php/pt/areas-de-atuacao/empreendimentos>
- [32] Iuell, B., et al. Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions 2003 [Em linha] [Consultado a 30 de Agosto de 2015]. ]. Disponível na internet: [http://www.iene.info/wp-content/uploads/COST341\\_Handbook.pdf](http://www.iene.info/wp-content/uploads/COST341_Handbook.pdf)
- [33] Highway Agency. *Design Manual for Roads and Bridges* [Em linha] New Roads The Road Corridor HA 58/92 Incorporating amendmnet n.º 1 dated February 1997 [Consultado a 30 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: <http://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/vol10/section1/ha5892.pdf>
- [34] National Roads Authority. *A guide to landscape treatments for National Road schemes in Ireland* (Sem data) [em linha] [Consultado em 30 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: <http://www.tii.ie/site-files/docs/publications/environment/A%20Guide%20to%20Landscape%20Treatments%20for%20National%20Road%20Schemes%20in%20Ireland.pdf>
- [35] Medina, M. Aloy, J. From road obsolescence to contemporary European scenic roads [Em linha] Sem data [Consultado a 30 de Abril de 2015] Disponível na internet em: [http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/12563/C\\_90\\_2.pdf?sequence=1](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/12563/C_90_2.pdf?sequence=1)
- [36] Napper, Carolyn. *Road decommissioning effectiveness monitoring techniques* In M. Furniss; C. Clifton & K. Ronnenberg, 2007. Advancing the fundamental sciences: proceedings of the forest service national earth sciences conference.

- [Em linha] San Diego, C.A. 18-22 October 2004. [Consultado a 30 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: <http://stream.fs.fed.us/afsc/pdfs/Napper.pdf>
- [37] Daigle, P.. *A summary of the environmental impacts of roads, management responses, and research gaps: a literature review*. BC Journal of ecosystems and management. [Em linha] 2007. 10 (3) 65-89. [Consultado a 30 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: <http://jem.forrex.org/index.php/jem/article/viewFile/38/9>
- [38] Neumann, Alexander. Nachhaltiger bau und betrieb einer autobahn am beispiel der A4 bei eisenach - "Ein pilotprojekt für die mobilität von morgen" Urban Mining Kongress 2012 [em linha] [Consultado em 30 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: [http://www.urban-mining.com/fileadmin/pdfs/vortraege\\_2012/Neumann-Nachhaltiger Bau und Betrieb einer Autobahn.pdf](http://www.urban-mining.com/fileadmin/pdfs/vortraege_2012/Neumann-Nachhaltiger_Bau_und_Betrieb_einer_Autobahn.pdf)
- [39] Franz, Stefan, *Umfahrung Leutental (A4) Tunnel Jagdberg DEGES 2011* [Em linha] [Consultado a 30 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: [https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB8QFjAAahUKEwiFjOXx2OfHAhVBzYAKHQIPCz0&url=http%3A%2F%2Fwww.baumaschine.de%2Ffachtagungen%2Fbautechnik-und-sicherheit%2Ftunnelbau\\_dateien%2F2011%2Fthema1%2F04\\_franz.pdf%2Fat\\_download%2Ffile&usg=AFQjCNGBGW4bcqw6TmBg27u3ipKrYq-F2w&sig2=WSQ2wUHXtvYQ5ff0KUEU-w](https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB8QFjAAahUKEwiFjOXx2OfHAhVBzYAKHQIPCz0&url=http%3A%2F%2Fwww.baumaschine.de%2Ffachtagungen%2Fbautechnik-und-sicherheit%2Ftunnelbau_dateien%2F2011%2Fthema1%2F04_franz.pdf%2Fat_download%2Ffile&usg=AFQjCNGBGW4bcqw6TmBg27u3ipKrYq-F2w&sig2=WSQ2wUHXtvYQ5ff0KUEU-w)
- [40] Wallis, Paula *Thousands celebrate UK's longest road tunnel* [Em linha] Tunnel Talk 2011. [Consultado a 08 Setembro de 2015] Disponível na internet em: <http://www.tunneltalk.com/Hindhead-Tunnel-May11-Tunnel-celebration.php>
- [41] Gillham, Adam, Don't blame your satnav... the A3 really has vanished! Two years on, and a corner of countryside blighted by traffic is transformed by miracle of engineering [Em linha] Daily Mail 2013 [Consultado a 08 de Setembro de 2015] Disponível na internet em: <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2428027/A3-road-transformed-miracle-engineering.html>
- [42] Schimmoller, V. et al. *Recycled Materials in European Highway Environments: Uses, Technologies, and Policies*. [Em linha] Washington: US Department of Transportation. 2000 [Consultado a 30 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: <http://ntl.bts.gov/lib/9000/9700/9799/recycolor.pdf>

- [43] Replogle, M et al. *Vida e morte das rodovias urbanas*. [Em linha]. Institute for Transportation & Development Policy and EMBARQ. 2013. [Consultado a 30 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: <http://embarqbrasil.org/sites/default/files/5%20-%20vidamorterodoviasurbanas.pdf>
- [44] Siegel, Charles. From Induced Demand to Reduced Demand. *The Preservation Institute*. [Em linha] [Consultado a 30 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: <http://www.preservenet.com/freeways/FreewaysInducedReduced.html>.
- [45] European Asphalt Pavement Association, 2008. Position Paper *Arguments to stimulate the government to promote asphalt reuse and recycling* [em linha] [Consultado em 25 Julho 2015] Disponível na internet em: [http://www.eapa.org/usr\\_img/position\\_paper/arguments\\_stimulate\\_asphalt\\_May\\_2008.pdf](http://www.eapa.org/usr_img/position_paper/arguments_stimulate_asphalt_May_2008.pdf)
- [46] European Asphalt Pavement Association, 2014. Position Paper *Asphalt the 100% recyclable construction product* [em linha] [Consultado em 30 Setembro 2015] Disponível na internet em: [http://www.eapa.org/userfiles/2/Publications/EAPApaper\\_Asphalt\\_the%20100%20recyclable\\_construction%20product.pdf](http://www.eapa.org/userfiles/2/Publications/EAPApaper_Asphalt_the%20100%20recyclable_construction%20product.pdf)
- [47] **Decreto-Lei n.º 178/2006 D.R. I Série. 171 (5-9-2006) 6526 – 6545**
- [48] Mollenhaeuer, K. et al., *Synthesis of european knowledge on asphalt recycling: Options, best practices and research needs*, [Em linha] A5EE-472 5<sup>th</sup> Euroasphalt & Eurobitume Congress, 13-15<sup>th</sup> June 2012 [Consultado a 20 de Julho de 2015] Disponível na internet em: <http://www.h-a-d.hr/pubfile.php?id=650>
- [49] **Decreto-Lei n.º 73/2011 D.R. I Série. 116 (17-6-2011) 3251 – 3300**
- [50] Azevedo, M. *Construção e reabilitação de pavimentos – Reciclagem de pavimentos* - Documento Base, INIR [em linha] sem data [Consultado a 3 de Setembro de 2015] Disponível na internet em: <http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/InfraestruturasRodoviaras/InovacaoNormalizacao/Divulgao%20Tcnica/ConstrucaoReabilitacaoPavimentosReciclagemPavimentos.pdf>

- [51] Lista de Discussão sobre infraestructuras viarias en construcción sostenible [lista em linha]. Espanha:WikiEOI, [Consultado a 10 de Agosto de 2012]. Disponível na internet: [http://www.eoi.es/wiki/index.php/Infraestructuras\\_viarias\\_en\\_Construcci%C3%B3n\\_sostenible](http://www.eoi.es/wiki/index.php/Infraestructuras_viarias_en_Construcci%C3%B3n_sostenible)
- [52] Gáspár, L. et al., *Synthesis of national reports on demolition of hydraulically bound layers and recycling road materials in hydraulically bound layers*, [Em linha] 2011 Direct\_Mat Dismantling and Recycling Techniques for road Materials – Sharing Knowledge and practices (WP3 – Hydraulically bound materials) *Deliverable 4* [Consultado a 30 de Abril de 2015] Disponível na internet em: <http://www.direct-mat.eu/spip.php?rubrique23&rubSB=23>
- [53] Thøgersen, F. et al., *Synthesis of national and international documents on existing knowledge regarding the recycling of reclaimed road materials in unbound layers*, [Em linha] 2011 Direct\_Mat Dismantling and Recycling Techniques for road Materials – Sharing Knowledge and practices (WP2 – Unbound materials) *Deliverable D3* [Consultado a 01 de Setembro de 2015] Disponível na internet em: <http://www.direct-mat.eu/spip.php?rubrique23&rubSB=23>
- [54] **Directiva 91/689/CEE de 12 de Dezembro**
- [55] **Directiva 2006/12/CE de 5 de Abril**
- [56] Thøgersen, F. et al., *Best Practice Guide regarding the dismantling of unbound layers and recycling of road materials into new unbound layers*, [Em linha] 2011 Direct\_Mat Dismantling and Recycling Techniques for road Materials – Sharing Knowledge and practices (WP2 – Unbound materials) *Deliverable D17* [Consultado a 20 de Setembro de 2013] Disponível na internet em: <http://www.direct-mat.eu/spip.php?rubrique3&rubBestPractice=3>
- [57] Hellman, F. Dismantling of concrete road E6 Malmö, Sweden. [Em linha] 2011 Field and laboratory case studies. Direct\_Mat Dismantling and Recycling Techniques for road Materials – Sharing Knowledge and practices (WP3 – Hydraulically bound materials) CS3.27 VTI. [Consultado a 15 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: <http://www.direct-mat.eu/spip.php?article942>

- [58] Gáspár, L. et al., *Best Practice guide for use of recycled materials in hydraulically bound layers*, [Em linha] 2011 Direct\_Mat Dismantling and Recycling Techniques for road Materials – Sharing Knowledge and practices (WP3 – Hydraulically bound materials) *Deliverable 18* [Consultado a 30 de Abril de 2015] Disponível na internet em: <http://www.direct-mat.eu/spip.php?rubrique3&rubBestPractice=3>
- [59] Gáspár, L. et al., *Recycling reclaimed road material in hydraulically bound layers* [em linha] 2014 *Institution of Civil Engineers* [Consultado a 17 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: [http://www.researchgate.net/publication/268684255\\_Recycling\\_reclaimed\\_road\\_material\\_in\\_hydraulically\\_bound\\_layers](http://www.researchgate.net/publication/268684255_Recycling_reclaimed_road_material_in_hydraulically_bound_layers)
- [60] European Asphalt Pavement Association, 2013. *Asphalt in figures 2013* [em linha] [Consultado em 25 Julho 2015] Disponível na internet em: [http://www.eapa.org/userfiles/2/Asphalt%20in%20Figures/AIF\\_2013\\_Final.pdf](http://www.eapa.org/userfiles/2/Asphalt%20in%20Figures/AIF_2013_Final.pdf)
- [61] Mollenhaeuer, K. e Gáspár, L. *Synthesis of European knowledge on asphalt recycling: options, best practices and research needs. A5EE-472* [Em linha] 2012 5<sup>th</sup> Euroasphalt & Eurobitume Congress, 13-15th Istambul [Consultado a 20 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: <http://www.h-a-d.hr/pubfile.php?id=650>
- [62] Mollenhaeuer, K. et al., *Synthesis of national and international documents on existing knowledge regarding the recycling of reclaimed road materials in asphalt*, [Em linha] 2011 Direct\_Mat Dismantling and Recycling Techniques for road Materials – Sharing Knowledge and practices (WP4 – Asphalt Materials) *Deliverable D5* [Consultado a 20 de Setembro de 2013] Disponível na internet em: <http://www.direct-mat.eu/spip.php?rubrique23&rubSB=23>
- [63] Ipavec, A., et al. *Synthesis of European national requirements and practices for recycling in HMA and WMA. Direct\_Mat Project* [Em linha] 2012 5<sup>th</sup> Euroasphalt & Eurobitume Congress, 13-15th Istambul [Consultado a 20 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: <http://www.eecongress2012.org/EEUSB/content/fulltext/A5EE-442.pdf>

- [64] Mollenhaeuer, K. et al., *Best Practice guide for the dismantling of asphalt roads and use of recycled materials in asphalt layers*, [Em linha] 2011 Direct\_Mat Dismantling and Recycling Techniques for road Materials – Sharing Knowledge and practices (WP4 – Asphalt Materials) *Deliverable D19* [Consultado a 30 de Abril de 2015] Disponível na internet em: <http://www.direct-mat.eu/spip.php?rubrique3&rubBestPractice=3>
- [65] Thøgersen, F. et al., *Synthesis of national and international documents on existing knowledge regarding the recycling of reclaimed road materials in unbound layers*, [Em linha] 2011 Direct\_Mat Dismantling and Recycling Techniques for road Materials – Sharing Knowledge and practices (WP2 – Unbound materials) *Deliverable D3 – Annex 4: National Document review from Germany* [Consultado a 30 de Setembro de 2015] Disponível na internet em: [http://www.direct-mat.eu/spip.php?article423&par\\_article=2&rubSB=23&id\\_article=421](http://www.direct-mat.eu/spip.php?article423&par_article=2&rubSB=23&id_article=421)
- [66] Blasl, A., Recycling of pavement concrete as unbound base material. [Em linha] 2011 Field and laboratory case studies. Direct\_Mat Dismantling and Recycling Techniques for road Materials – Sharing Knowledge and practices (WP2 – Unbound materials) CS2.D1 TUD. [Consultado a 15 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: <http://www.direct-mat.eu/spip.php?article887>
- [67] Mollenhaeuer, K. et al., *Synthesis of national and international documents on existing knowledge regarding the recycling of reclaimed road materials in asphalt*, [Em linha] 2011 Direct\_Mat Dismantling and Recycling Techniques for road Materials – Sharing Knowledge and practices (WP4 – Asphalt Materials) *Deliverable D5 Annex 4: National Document review from Germany* [Consultado a 20 de Setembro de 2013] Disponível na internet em: <http://www.direct-mat.eu/spip.php?rubrique23&rubSB=23>
- [68] **Lei n.º 11/87 D.R. I Série. 81 (7-4-1987) 1386 – 1397**
- [69] **Decreto-Lei n.º 46/2008 D.R. I Série 51 (12-03-2008) 1567 – 1574**

- [70] Antunes, M. *Synthesis of national and international documents on existing knowledge regarding the recycling of reclaimed road materials in asphalt* [Em linha] 2011 Direct\_Mat Dismantling and Recycling Techniques for road Materials – Sharing Knowledge and practices (WP4 – Asphalt Materials) Deliverable D5 – Annex 8: National Document review from Portugal [Consultado a 01 de Setembro de 2015] Disponível na internet em: [http://www.direct-mat.eu/spip.php?article78&par\\_article=2&rubSB=23&id\\_article=78](http://www.direct-mat.eu/spip.php?article78&par_article=2&rubSB=23&id_article=78)
- [71] Estradas de Portugal SA, Caderno de Encargos Tipo Obra, 14.03 Pavimentação, Características dos Materiais, 2009
- [72] Estradas de Portugal SA, Caderno de Encargos Tipo Obra, 14.03 Pavimentação, Características dos Materiais, 2012 [em linha] [Consultado a 10 de Maio de 2015] Disponível na internet em: <http://www.estradasdeportugal.pt/index.php/pt/areas-de-atuacao/empreendimentos>
- [73] Hellman, F et al. Swedish experience of demolition and recycling of road materials for use in new roads. 2011 [Em linha] Linköping: VTI. [Consultado a 15 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: <http://www.vti.se/en/publications/pdf/swedish-experience-of-demolition-and-recycling-of-road-materials-for-use-in-new-roads.pdf>
- [74] Marchtrenker, S., A10 Salzbug Sud km 7,837 – km 8,340. [Em linha] 2011 Field and laboratory case studies. Direct\_Mat Dismantling and Recycling Techniques for road Materials – Sharing Knowledge and practices (WP3 – Hydraulically bound materials) CS 3.29 VOEZ. [Consultado a 15 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: <http://www.direct-mat.eu/spip.php?article913>
- [75] Gregoire, C., Use of reclaimed asphalt and concrete in the capping layer of a road (Bossimé, Belgium) [Em linha] 2011 Field and laboratory case studies. Direct\_Mat Dismantling and Recycling Techniques for road Materials – Sharing Knowledge and practices (WP2 – Unbound materials) CS2.BE2 BRRC. [Consultado a 15 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: <http://www.direct-mat.eu/spip.php?article887>

- [76] Thøgersen, F. *Recycling of pavement concrete as unbound base material*, [Em linha] 2011 Field and laboratory case studies Direct\_Mat Dismantling and Recycling Techniques for road Materials – Sharing Knowledge and practices (WP2 – Unbound materials) CS 2.DK2 DRI [Consultado a 20 de Setembro de 2013] Disponível na internet em: <http://www.direct-mat.eu/spip.php?article893>
- [77] Marsac, P., Rehabilitation of concrete pavement on highway A4 near Paris. [Em linha] 2011 Field and laboratory case studies. Direct\_Mat Dismantling and Recycling Techniques for road Materials – Sharing Knowledge and practices (WP4 – Bituminous bound materials) CS 4.38 LCPC. [Consultado a 15 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: <http://www.direct-mat.eu/spip.php?article873>
- [78] Hellman, F. Recycling of crushed asphalt for the highway E4 at Markaryd. [Em linha] 2011 Field and laboratory case studies. Direct\_Mat Dismantling and Recycling Techniques for road Materials – Sharing Knowledge and practices (WP2 – Unbound materials) CS2.SWE1 - VTI. [Consultado a 15 de Agosto de 2015] Disponível na internet em: [http://www.directmat.eu/spip.php?article908&par\\_article=2&rubBestPractice=3&rubSB=23](http://www.directmat.eu/spip.php?article908&par_article=2&rubBestPractice=3&rubSB=23)
- [79] Reid, J et al. *Final Report for publication ALT-MAT*, Alternative materials in road construction – Final report for publication, [em linha] 2001 [Consultado em 4 de Setembro de 2015]. Disponível na Internet em: [http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200409/20040909\\_172706\\_52558\\_alt-mat.pdf](http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200409/20040909_172706_52558_alt-mat.pdf)
- [80] SAMARIS, Sustainable and Advanced MAterials for Road InfraStruture – Final Summary Report. Deliverable 32. [Em linha] Competitive and Sustainable Growth (GROWTH) Programme. Sustainable and Advanced Materials for Road Infrastructure. 2006. [Consultado em 04 de Maio de 2013]. Disponível na Internet em: [http://www.transport-research.info/Upload/Documents/201003/20100310\\_134040\\_3529\\_Samaris\\_Final\\_Summary\\_Report.pdf](http://www.transport-research.info/Upload/Documents/201003/20100310_134040_3529_Samaris_Final_Summary_Report.pdf)
- [81] Sinis, F e Gonzáles, M. *Guide On Techniques For Recycling In Pavement Structures*. Deliverable 29. [Em linha] Competitive and Sustainable Growth (GROWTH) Programme. Sustainable and Advanced Materials for Road Infrastructure. 2006. [Consultado a 12 de Setembro de 2012] Disponível na internet em: <http://www.fehrl.org/?m=259&mode=view&id=156>

**SITES CONSULTADOS**

- [82] [http://europa.eu/about-eu/index\\_en.htm](http://europa.eu/about-eu/index_en.htm) (consultado em 10 de Setembro de 2015)
- [83] [http://cordis.europa.eu/projects/home\\_en.html](http://cordis.europa.eu/projects/home_en.html) (consultado em 10 de Setembro de 2015)
- [84] [http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/index\\_pt.htm](http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/index_pt.htm) (consultado em 10 de Setembro de 2015)
- [85] [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/topics/infrastructure/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/infrastructure/index_en.htm) (consultado em 10 de Setembro de 2015)
- [86] <http://www.messynessychic.com/2013/10/03/the-forbidden-road-of-the-french-alps/> (Consultado em 15 de Setembro de 2015)
- [87] <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2287994/A-real-rocky-road-Abandoned-half-mile-stretch-tarmac-Peak-District-hit-mountain-bikers-series-landslides-twist-recognition.html> (Consultado em 15 de Setembro de 2015)
- [88] <http://www.reichsautobahnen.de/sprachen/english.html> (Consultado em 15 de Setembro de 2015)
- [89] <https://www.google.co.uk/maps/place/Surrey/@51.2774191,-0.1540881,404m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x47df555ad5122581:0xd55283445c034277!6m1!1e1?hl=en> (Consultado em 15 de Setembro de 2015)
- [90] <https://www.google.co.uk/maps/place/Glasgow,+Glasgow+City/@55.8513711,-4.2674276,305m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x488815562056ceeb:0x71e683b805ef511e!6m1!1e1?hl=en> (Consultado em 15 de Setembro de 2015)
- [91] [www.fs.fed.us/t-d/programs/im/road\\_decomission/road\\_decommissioning.shtml](http://www.fs.fed.us/t-d/programs/im/road_decomission/road_decommissioning.shtml) (Consultado em 15 de Setembro de 2015) [United Estates Department of Agriculture United States Forest Service:](http://www.fs.fed.us/t-d/programs/im/road_decomission/road_decommissioning.shtml)
- [92] <http://www.roadtraffic-technology.com/projects/a4autobahn/> (Consultado em 15 de Setembro de 2015)

- [93] [http://www.sz-photo.de/?60044309618120829140&EVENT=WEBSHOP\\_SEARCH&SEARCH\\_MODE=NEW&SEARCHTXT1=Wutha-Farnroda](http://www.sz-photo.de/?60044309618120829140&EVENT=WEBSHOP_SEARCH&SEARCH_MODE=NEW&SEARCHTXT1=Wutha-Farnroda) (Consultado em 15 de Setembro de 2015)
- [94] <http://www.deutschefotothek.de/documents/obj/71228880> (Consultado em 15 de Setembro de 2015)
- [95] <http://www.jagdberg-tunnel.de/> (Consultado em 15 de Setembro de 2015)
- [96] <http://www.mdr.de/thueringen/ost-thueringen/rueckbau-autobahn-leutratal-jena100.html> (Consultado em 15 Setembro de 2015)
- [97] <http://www.tlz.de/web/zgt/leben/detail/-/specific/Spektakulaere-Luftbilder-vom-Rueckbau-der-A4-im-Leutratal-339288652> (Consultado em 15 Setembro de 2015)
- [98] <http://www.infopedia.pt/lingua-portuguesa-aa0> (Consultado em 15 de Setembro de 2015)
- [99] [http://stadtentwicklung.berlin.de/bauen/strassenbau/en/a100\\_vorhaben.shtml](http://stadtentwicklung.berlin.de/bauen/strassenbau/en/a100_vorhaben.shtml) (Consultado em 15 de Setembro de 2015)
- [100] <http://www.sustainablecitiescollective.com/polis-blog/24172/madrids-pharaoh> (Consultado em 15 de Setembro de 2015)
- [101] [http://gizmodo.com/6-freeway-demolitions-that-changed-their-cities-forever-1548314937?dfp\\_pp\\_ab=on&dfp\\_desktop\\_three=on&utm\\_expid=66866090-43.E9Bjfd6NTuSIXJewu2e\\_lg.2&utm\\_referrer=http%3A%2F%2Fwww.google.pt%2Furl%3Fsa%3Dt%26rct%3Dj%26q%3D%26esrc%3Ds%26source%3Dweb%26cd%3D100%26cad%3Drja%26uact%3D8%26ved%3D0CGcQFjAJOFpqFQoTCLWVqNu9t8cCFUY52wodAWkF\\_w%26url%3Dhttp%253A%252F%252Fgizmodo.com%252F6-freeway-demolitions-that-changed-their-cities-forever-1548314937%26ei%3D6K\\_VVbWBMcby7AaB0pX4Dw%26usq%3DAFQjCNFN\\_TBN23BnqHXIngs1TKGBqUEggCA%26sig2%3DwvOKkqJ3T0yKmuLwuBG0kA%26bvm%3Dbv.99804247%2Cd.bGg](http://gizmodo.com/6-freeway-demolitions-that-changed-their-cities-forever-1548314937?dfp_pp_ab=on&dfp_desktop_three=on&utm_expid=66866090-43.E9Bjfd6NTuSIXJewu2e_lg.2&utm_referrer=http%3A%2F%2Fwww.google.pt%2Furl%3Fsa%3Dt%26rct%3Dj%26q%3D%26esrc%3Ds%26source%3Dweb%26cd%3D100%26cad%3Drja%26uact%3D8%26ved%3D0CGcQFjAJOFpqFQoTCLWVqNu9t8cCFUY52wodAWkF_w%26url%3Dhttp%253A%252F%252Fgizmodo.com%252F6-freeway-demolitions-that-changed-their-cities-forever-1548314937%26ei%3D6K_VVbWBMcby7AaB0pX4Dw%26usq%3DAFQjCNFN_TBN23BnqHXIngs1TKGBqUEggCA%26sig2%3DwvOKkqJ3T0yKmuLwuBG0kA%26bvm%3Dbv.99804247%2Cd.bGg) (Consultado em 15 de Setembro de 2015)
- [102] <http://www.tunnelvisions.eu/projects/nieuwe-pagina-5/> (Consultado em 15 de Setembro de 2015)
- [103] <http://www.strukton.com/projects/a2-maastricht/> (Consultado em 15 de Setembro de 2015)