

resíduos

resíduos
de construção
e demolição



*“Projecto REAGIR - Reciclagem de Entulho no
Âmbito da Gestão Integrada de Resíduos”*

(LIFE03/ENV/P/000506)

TAREFA 4/ WP4 – INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E MONITORIZAÇÃO DA UNIDADE PILOTO DE RECICLAGEM DE DA FRACÇÃO INERTE DOS RCD (ENTULHOS)

RELATÓRIO FINAL

Síntese dos Trabalhos e Conclusões

Responsável pela Execução

Câmara Municipal de Montemor-o-Novo

Data de Redacção

Outubro de 2007

**Dados do Projecto**

Localização do projecto:	Montemor-o-Novo – Alentejo
Data de início do projecto:	01/12/2003
Data de fim do projecto:	30/11/2006 Data da prorrogação: 31.07.2007
Duração total do projecto:	44 meses Prorrogação em meses: 8 meses
Custo total:	1 256 833 €
Contribuição da UE:	492 683 €
(%) do total das despesas:	39.20
(%) dos custos elegíveis:	47.48

Dados do Beneficiário

Nome do Beneficiário:	Câmara Municipal de Montemor-o-Novo
Pessoa de contacto:	Vereadora Hortênsia Menino
Endereço completo:	Largo dos Paços do Concelho, P, 7050-127 Montemor-o-Novo
Endereço do projecto:	Largo dos Paços do Concelho, P, 7050-127 Montemor-o-Novo
Telefone:	351-266899347
Fax:	351-266898190
E-mail:	cmartins@cm-montemornovo.pt
Website:	http://www.cm-montemornovo.pt/reagir/indexgeral.htm

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	4
1.1. Enquadramento	4
1.2. Objectivos	4
1.3. Faseamento	5
2. TRABALHOS PREPARATÓRIOS	7
2.1. Definição da Localização e Estudos prévios.....	7
2.2. Concurso de Concepção/Execução	9
2.3. Projecto de Execução e Construção da Unidade Piloto.....	9
2.4. Licenciamentos	11
2.5. Seguro de responsabilidade civil	12
3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA UNIDADE PILOTO	13
3.1. Resíduos recebidos (origem, quantidades e tipologias esperadas).....	13
3.2. Produtos finais esperados.....	15
3.3. Esquema geral de operação	15
3.4. Produção de Resíduos e Efluentes.....	16
3.5. Zonamento e infra-estruturas.....	17
3.6. Sistema de reciclagem instalado	23
3.7. Equipamento necessários.....	33
3.8. Elementos de segurança e protecção.....	34
4. OPERAÇÃO E MONITORIZAÇÃO	355
4.1. Início da operação/monitorização e horário de funcionamento.....	355
4.2. Funcionários necessários	350
4.3. Descrição da operação regular da Unidade Piloto.....	362
4.4. Plano de Monitorização	46
5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	57
5.1. Caracterização do RCD recebidos na Unidade Piloto	57
5.2. Funcionamento do equipamento de reciclagem	64
5.3. Caracterização dos produtos obtidos.....	72
5.4. Caracterização dos refluxos do sistema	81
5.5. Caracterização dos custos.....	843
6. PROBLEMAS E PROPOSTAS DE MELHORAMENTOS	58
6.1. Operação do equipamento de reciclagem	8685
6.2. Melhoramento no equipamento de reciclagem	89
6.3. Melhoramentos no equipamento de pesagem	94
6.4. Melhoramentos nas Infra-estruturas	95
7. CONCLUSÕES.....	101

ANEXOS:

DOC.1 – Estudo Prévio e Plano de gestão florestal / medidas de minimização para a parcela em causa
DOC.2 – Caderno de Encargos
DOC.4 – Projecto de Execução
DOC.5 – Relatório Fotográfico dos Trabalhos de Instalação
DOC.6 – Relatório de Avaliação da Exposição ao Ruído
DOC.7 – Relatório de Avaliação da Exposição a Agentes Químicos (poeiras)
DOC.8 – Metodologia seguida na determinação de contaminantes presentes em agregados reciclados provenientes da Unidade Piloto de Reciclagem de Entulho, no âmbito da Tese “Reciclagem de RCD – Contributo para o controlo do processo” do Mestrado “GESTÃO INTEGRADA E VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS – RAMO ECOMATERIAIS E VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS” da Universidade Nova de Lisboa (versão preliminar)

LISTA DE PALAVRAS CHAVE E DE ABREVIATURAS

APA – Associação Portuguesa do Ambiente

CMMN – Câmara Municipal de Montemor-o-Novo, Beneficiário

CCDRA – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo (antiga DRAOTA), parceiro

CE – Comissão Europeia

CIR – Centro de Informação de Resíduos da QUERCUS

DASU – Divisão de Ambiente e Serviços Urbanos da Câmara Municipal de Montemor-o-Novo

DRAOTA – Direção Regional do Ambiente e Ordenamento do Território do Alentejo

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

IA – Instituto do Ambiente

INR – Instituto dos Resíduos, parceiro

IST – Instituto Superior Técnico, parceiro

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

Projecto REAGIR – Reciclagem de Entulho no Âmbito da Gestão de Reciclagem de Entulho

RRSHLP – Regulamento de Resíduos Sólidos, Higiene e Limpeza Pública do Concelho de Montemor-o-Novo

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

RTS – Pré-fabricados de Betão, Lda., parceiro

QUERCUS – Associação Nacional de Conservação da Natureza

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

A instalação e monitorização da Unidade Piloto de Reciclagem de Entulho encontrava-se prevista na Tarefa 4 do Projecto “*REAGIR - Reciclagem de Entulho no Âmbito da Gestão Integrada de Resíduos*” (LIFE 03 ENV/P/000506), que a CMMN candidatou ao programa LIFE-Ambiente em 2003. Este projecto tem como objectivo principal a definição e implementação de soluções para a recolha, reciclagem e valorização da fracção inerte dos Resíduos de Construção e Demolição - RCD (vulgarmente denominados de entulhos).

Nesse sentido o projecto integrou o desenvolvimento de um conjunto de instrumentos normativos, bem como a implementação de um Sistema Municipal de recolha selectiva desses resíduos e a instalação de uma Unidade Piloto de Reciclagem de Entulho, para onde seriam conduzidos os resíduos recolhidos.

Adicionalmente, o projecto contemplou um conjunto de casos de estudo que tinham por objectivo demonstrar e promover aplicações futuras para o produto final obtido na Unidade Piloto de Reciclagem (produção de lãncis e blocos de pavimento – betão não estrutural, manutenção de estradas de terra batida, substituição do “toutvenant” na construção de estradas e testes de produção de betão estrutural).

O projecto decorreu entre 01.12.2003 e 31.07.2007. No início do projecto, a reciclagem de RCD a nível nacional encontrava-se ainda pouco desenvolvida, existindo apenas alguns estudos nesse sentido, sendo que a valorização destes resíduos passava, quase exclusivamente, pela recuperação de pedreiras e algumas valorizações em obra, pouco controladas.

A instalação, operação e monitorização da Unidade Piloto de Reciclagem de Entulho pretendia contribuir para demonstrar a viabilidade do processo de reciclagem da fracção inerte dos RCD. Esperava-se assim, fomentar um destino final mais nobre para estes resíduos, reduzindo a sua deposição em aterro e promovendo a preservação das fontes naturais de matérias-primas.

1.2. Objectivos

A Tarefa 4 do projecto teve por objectivo a instalação de uma infra-estrutura única, especialmente dimensionada e definida para o projecto em questão, cuja operação e monitorização à escala real (durante 16 meses) permitisse:

- Instalar um sistema de reciclagem que garantisse a redução do tamanho dos RCD em partículas pequenas e tão homogéneas quanto possível (operações de britagem), as quais seriam separadas de acordo com a sua granulometria (operações de crivagem), no sentido de obter agregados reciclados, cuja

valorização (em substituição de matérias primas naturais) seria analisada no âmbito do Tarefa 5 do projecto REAGIR;

- Testar a operação de um sistema de reciclagem que não estivesse disponível no mercado como um todo, resultando da conjunção e adaptação de equipamento de britagem e crivagem, de forma a responder aos objectivos demonstrativos do projecto.
- Identificar eventuais problemas de operação e promover soluções para os mesmos. Nesse sentido a Unidade Piloto instalada apresentou uma certa versatilidade, de modo a possibilitar a fácil remodelação da mesma durante o projecto, caso a operação do sistema instalado demonstrasse a necessidade de introduzir melhoramentos ainda durante o período do projecto.
- Caracterizar e quantificar os resíduos que entram no processo, bem como o produto final obtido, contribuindo para caracterizar a produção e a composição destes resíduos a nível do concelho;
- Garantir uma base técnica realista para o correcto dimensionamento de soluções de reciclagem e valorização destes resíduos a uma escala mais alargada, contribuindo para a sua disseminação/implementação a nível local, regional e nacional.

1.3. Faseamento

A implementação da Tarefa 4 do Projecto REAGIR incluiu a realização de diferentes fases (tabela 2.1), as quais estavam previstas na candidatura do projecto. Algumas destas fases foram objecto de reformulação no que respeita aos prazos de execução, após pedido e aprovação por parte da Comissão Europeia.

O presente documento integra uma síntese da informação recolhida e trabalhos realizados em cada uma dessas fases, de forma a permitir uma melhor divulgação dos mesmos.

Tabela 2.1 – Fases de Execução da Tarefa 4

Fases de execução		Período previsto em candidatura	Período após pedido de alteração	Breve descrição dos trabalhos envolvidos
TRABALHOS PREPARATÓRIOS	Acção 1 – Definição de Localização e Estudos prévios	01.12.03 a 01.05.04	01.12.03 a 01.05.04	a) Proposta de localização e área de implantação e sua aprovação pelo executivo. b) Identificação dos aspectos gerais de uma unidade de reciclagem (equipamento, infra-estruturas, meios humanos e esquema de operação/monitorização). c) Levantamento topográfico do terreno. d) Plano de Gestão Florestal e Medidas de Minimização
	Acção 2 – Especificações técnicas da Unidade Piloto a construir	01.05.04 a 01.07.04	01.05.04 a 01.07.04	a) Elaboração e discussão das especificações técnicas da Unidade Piloto (a integrar no caderno de encargos para concepção e execução da unidade piloto). b) proposta e aprovação pelo executivo de lançamento de concurso público para concepção-execução da unidade piloto. c) elaboração do caderno de encargos
	Acção 3 – Lançamento do concurso e adjudicação	01.07.04 a 01.01.05	01.07.04 a 01.10.05	Lançamento do concurso de concepção/execução da obra da Unidade Piloto, análise das propostas e adjudicação/consignação dos trabalhos.
	Acção 4 - Início e acompanhamento da obra	01.01.05 a 01.07.05	01.10.05 a 28.02.06	a) Apresentação e aprovação pela CMMN do projecto de execução apresentado pelo vencedor do concurso acima referido; b) Início das obra e sua conclusão. c) Entrega dos pedidos de autorização/licenciamento necessários.
OPERAÇÃO, RECOLHA DE DADOS E CONCLUSÕES	Acção 5 - Operação e monitorização	01.08.05 a 30.11.05	01.04.06 a 31.07.07	a) Obtenção das licenças necessárias b) Operação e monitorização da unidade piloto; c) Análise dos resultados e propostas de soluções para problemas eventualmente detectados; d) Pedidos de renovação de licenças

2. TRABALHOS PREPARATÓRIOS

2.1. Definição da Localização e Estudos prévios

No sentido de definir as características base da Unidade Piloto de Reciclagem, foi elaborado um *Estudo Prévio* (DOC.1-a, em anexo), o qual incluiu:

- a) Uma pesquisa inicial, tendo por base bibliografia da especialidade, de forma a definir os equipamentos a adquirir, as infra-estruturas e zonamento a incluir, caracterização da situação de referência a nível local, bem como o esquema de operação da unidade piloto;
- b) Definição da localização da Unidade Piloto.

Tinha-se previsto, na fase de candidatura do projecto, que a Unidade Piloto iria ser instalada num terreno pertencente à autarquia. Esse terreno estava integrado numa zona que tinha sido proposta, no *Plano de Urbanização da Cidade de Montemor-o-Novo*, como futuro Parque Integrado de Tratamento de Resíduos, a construir numa área reservada à expansão da actual Zona Industrial.

Dentro da zona prevista para o Parque Integrado de Tratamento de Resíduos, foi seleccionada uma parcela para instalar a Unidade Piloto. Nesse sentido foram analisados os seguintes factores: área total necessária (1.3 ha), acessos existentes, necessidade de movimentações de terras, compatibilidade com as empresas já instaladas na actual zona industrial, presença de linhas de água principais e possibilidade de expansão/alargamento futuro (caso os resultados do projecto fossem positivos). Após essa análise foi proposto e aprovado pelo executivo camarário que, a Unidade Piloto ficasse localizada na parcela assinalada na figura 2.1, junto à actual Estação de Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos e Ecocentro, os quais também estavam previstos na área destinada ao Parque Integrado de Tratamento de Resíduos.

O *Plano de Urbanização da Cidade de Montemor-o-Novo*, foi entretanto aprovado e publicado no Diário da Republica n.º 46, de 7 de Março de 2005 – I Série.

Assim, e no que respeita ao ordenamento do território, a localização proposta não apresenta condicionantes impeditivas. Adicionalmente, foram ainda analisadas algumas questões de ordem ambiental e de saúde pública, tais como: recursos hídricos superficiais; recursos hídricos subterrâneos; topografia geral do terreno; vegetação associada; proximidade com habitações; proximidade com outras empresas localizadas na Zona Industrial.

A análise efectuada permitiu concluir que não existiam condicionantes ambientais ou de saúde pública que inviabilizassem a instalação. No entanto, o projecto da Unidade Piloto deveria contemplar as infra-estruturas necessárias (as quais foram especificados no *Estudo Prévio*) de forma a controlar ou evitar qualquer impacte negativo.

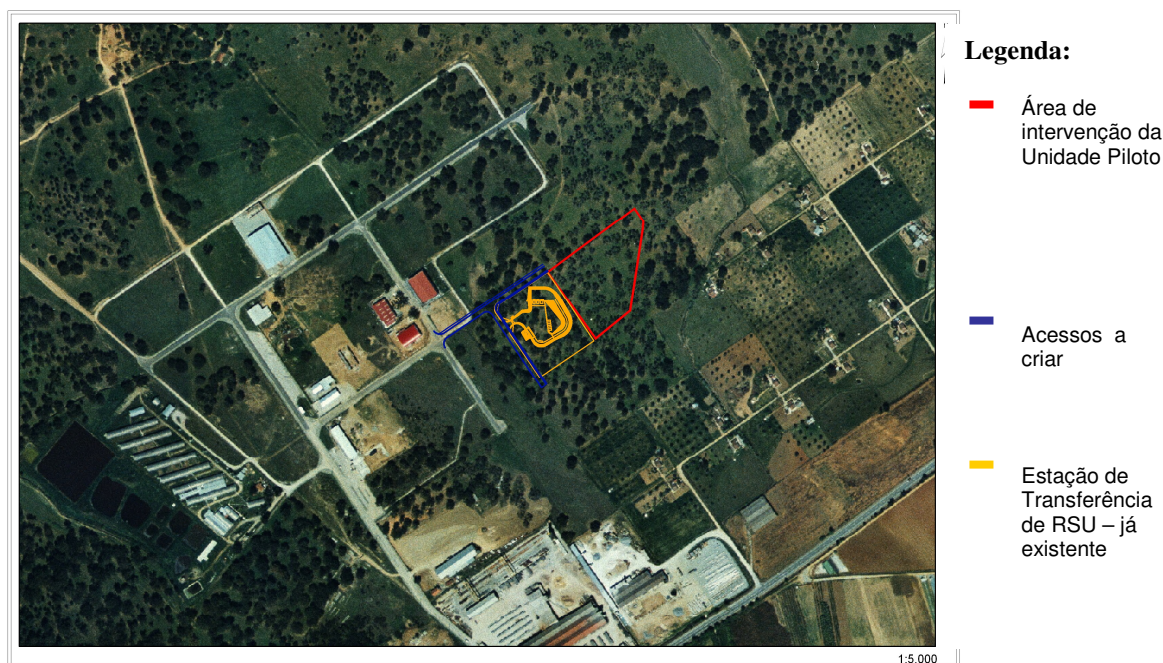


Figura 2.1 – Localização da Unidade Piloto de Reciclagem de Entulho

c) Elaboração de levantamentos e planos específicos que servissem de base à execução do projecto de execução, nomeadamente:

- Levantamento topográfico e das árvores existente no terreno: realizado internamente por técnicos da autarquia, tendo sido integrado no Caderno de Encargos para lançamento do Concurso de Concepção/Execução da Unidade Piloto (Doc.2, em anexo);
- Plano de gestão florestal e medidas de minimização para a parcela em causa (Doc. 1-b, em anexo): Este Plano foi realizado através de assistência externa com o objectivo de: i) integrar um eventual pedido de autorização de abate (previsto na lei em vigor), caso a instalação da Unidade implicasse a necessidade de cortar algumas azinheiras e sobreiros existentes no local; ii) definir medidas de minimizar dos impactes das obras e da operação da Unidade Piloto, nas árvores existentes no local. Após um esforço na definição do lay-out da Unidade Piloto foi possível instalar a Unidade Piloto sem derrubar qualquer sobreiro ou azinheira, pelo que não foi necessário proceder ao pedido de abate acima referido. No entanto, o trabalho realizado permitiu a definição de medidas de minimização de impactes e protecção das árvores existentes, as quais foram executadas durante e após a obra.

2.2. Concurso de Concepção/Execução

Com base nos trabalhos e conclusões do Estudo Prévio, foram elaboradas as Especificações Técnicas a integrar no *Caderno de Encargos* para adjudicação da obra da Unidade Piloto (DOC.2 em anexo).

Após a conclusão das especificações, foram efectuadas reuniões no sentido de seleccionar o procedimento de adjudicação dos trabalhos de concepção/execução da unidade piloto, tendo-se optado pela realização de um concurso público de concepção/execução. Nesse sentido, preparou-se o respectivo Caderno de Encargos, propondo-se a abertura do concurso em reunião de câmara.

Após aprovação do concurso em reunião de câmara (14.04.2004), foram desencadeados internamente os procedimentos administrativos associados e previstos na lei para esta tipologia de concurso. No âmbito do concurso, apesar de diversas empresas terem solicitado o caderno de encargos, apenas foram recebidas 2 propostas. Tal facto estará associado ao carácter inovador da infra-estrutura em causa. As propostas recebidas foram analisadas pelo Júri do Concurso e a adjudicação dos trabalhos foi realizada, na data de 18.02.05, à empresa Tomás Oliveira Empreiteiros, SA, pelo preço de 366754 euros (+ IVA), o qual inclui a realização do projecto de execução e a obra de instalação da Unidade Piloto. No entanto, a última fase do concurso (consignação da obra) só pôde verificar-se no final de Setembro de 2005, após a emissão de visto positivo pelo Tribunal de Contas.

O processo de concurso foi mais demorado que o previsto na candidatura do projecto REAGIR. No entanto, os motivos associados a esses atrasos não poderiam ter sido controlados pela autarquia, visto que estiveram associados a questões externas à mesma, tais como: pedidos de esclarecimentos e emissão de documentos intermédios por entidades externas.

2.3. Projecto de Execução e Construção da Unidade Piloto

O *Projecto de Execução* da Unidade Piloto (DOC. 4 em anexo) foi realizado de acordo com as especificações exigidas no Concurso Público de Concepção/Execução da Unidade Piloto. Esse projecto é composto por uma Memória Descritiva e Justificativa (onde se descrevem as características da Unidade Piloto instalada) e peças desenhadas (onde se assinala a localização, zonamento e infra-estruturas da Unidade).

O projecto de execução foi revisto, por diversas vezes, de forma a permitir a instalação da Unidade Piloto sem proceder ao abate de qualquer sobreiro ou azinheira, pelo que não foi necessário solicitar o pedido de autorização de abate, previsto na legislação em vigor. O *Projecto de Execução* ficou concluído em Setembro de 2006, o que permitiu a entrega dos pedidos de autorização e alvarás necessários ao funcionamento da Unidade Piloto (referidos no ponto 2.4 do presente documento), os quais só poderiam ser instruídos mediante a apresentação do respectivo projecto de execução.

De forma a dar cumprimentos aos prazos previstos na candidatura do projecto REAGIR, iniciaram-se as obras de construção da Unidade Piloto em Outubro de 2005, as quais decorreram sem problemas significativos. Surgiram, no entanto, algumas situações que implicaram a realização de trabalhos não previstos no Caderno de Encargos, nomeadamente: instalação de instalações sanitárias com chuveiro (situação exigida no parecer da Delegação Regional de Saúde, no âmbito do licenciamento industrial); definição de soluções alternativas e provisórias de acesso e abastecimento de água ao local; necessidade de criar mais um portão de saída (visto que a dimensão da copa de alguns sobreiros, não permite a circulação dos veículos pela saída inicialmente prevista); necessidade de algumas reformulações do projecto devido à dimensão das copas das árvores existentes no local.

Estas situações implicaram um ligeiro atraso na conclusão da obra, a qual foi finalizada no final de Fevereiro de 2006 (um mês após o previsto).

Após a conclusão da obra (no final de Fevereiro de 2006), foi elaborado um Aditamento à Memória Descritiva do Projecto de Execução e a correcção da Planta de Implantação da Unidade Piloto, de forma a reflectir as alterações realizadas durante a mesma.

Durante a obra foram implementadas medidas gerais para minimização de impactes gerados pela mesma, as quais se encontram descritas no *Projecto de Execução*.

Destas medidas destacam-se os cuidados mantidos durante a obra de forma a evitar eventuais danos nos exemplares arbóreos existentes, tais como: quebra de ramos, danos/cortes nas raízes, evitar a circulação/compactação na zona das copas das árvores, por exemplo (figura 2.2). Estas medidas foram propostas pelo “*Plano de Gestão Florestal e Medidas Compensatórias para Instalação de Unidade Piloto de Reciclagem de Entulho*” (realizado na fase de Estudo Prévio da Unidade Piloto). A obra ficou concluída sem proceder ao abate de qualquer árvore. No DOC. 5 em anexo, apresentam-se algumas fotos recolhidas durante a execução da obra.



Figura 2.2 – Alguns exemplos de medidas de protecção às árvores existentes, durante a execução da obra de instalação da Unidade Piloto

2.4. Licenciamentos

De acordo com a legislação industrial em vigor (Decreto-Lei n.º 8/2003, de 11 de Abril), a Unidade Piloto enquadra-se nos estabelecimentos tipo 4 (reciclagem de resíduos não ferrosos), cuja entidade licenciadora é a Câmara Municipal da área respectiva. Após análise da legislação, verificou-se que, apesar da Unidade em causa constituir uma infra-estrutura piloto com carácter demonstrativo, o funcionamento da mesma encontrava-se sujeito a prévio licenciamento Industrial, nos termos do diploma acima referido.

Por outro lado, e de acordo com a legislação de resíduos em vigor (Decreto-Lei n.º 239/98, de 9 de Setembro, entretanto revogado pelo Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro), a operação da Unidade Piloto encontrava-se sujeita a prévia autorização de gestão de resíduos, sem a qual não poderia ser concluído o licenciamento industrial.

Nesse sentido, o processo de licenciamento industrial foi instruído na autarquia, tendo-se realizado os procedimentos necessários de forma a reunir os elementos exigidos na legislação em vigor:

- Informação prevista no modelo de requerimento proposto na Portaria n.º 473/2003, de 11 de Junho;
- Projecto de Execução da Unidade Piloto, contemplando a informação referida na alínea c), do ponto 2, da Portaria n.º 473/2003, de 11 de Junho;
- Certidão de localização emitida pela autarquia, emitida a 06/10/2005;
- Certidão de localização referente à afectação dos recursos hídricos, emitida pela CCDRA em 26/09/2005, nos termos do previsto no n.º 1 do artigo 11.º do Decreto-Lei n.º 239/98, de 9 de Setembro (entretanto revogado pelo Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro);
- Termo de responsabilidade, emitido a 28/09/2005, pelo projecto de instalação, emitido pela empresa Tomás Oliveira, Empreiteiros, SA, à qual foi adjudicada a execução da obra da Unidade Piloto.
- Parecer do Centro Regional de Saúde (emitido a 12/02/2006) e do Serviço Regional da Inspeção-Geral do Trabalho (21/02/2006).
- Autorização provisória de armazenamento de resíduos emitida pela CCDRA em 23/02/2006, nos termos do Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de Setembro (entretanto revogado pelo Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro)
- Alvará de Utilização/Ocupação de Domínio Público Hídrico, emitido pela CCDRA a 07/04/2006, previsto no Decreto-Lei n.º 46/94, de 22 de Fevereiro (visto que, apesar de todas as tentativas realizadas na definição do lay-out, a construção da Unidade Piloto

acabou por contemplar a ocupação de domínio hídrico na zona da plataforma de reciclagem);

- Autorização de armazenamento e reciclagem de resíduos, emitida pela CCDRA a 22/05/2006, nos termos do Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de Setembro (entretanto revogado pelo Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro)

Após o início da operação da Unidade Piloto e o cumprimento das condições exigidas nos pareceres, autorizações e alvarás atrás referidos, procedeu-se à marcação da vistoria prevista no processo de licenciamento industrial. Esta vistoria foi realizada no dia 23/10/2006, tendo sido convocadas todas as entidades anteriormente consultadas.

Na sequência da vistoria foi emitido o respectivo Auto, no qual se aprova a operação da Unidade Piloto mediante a realização de algumas medidas adicionais, tais como:

- Existência de bacia de retenção para depósito de combustíveis e óleos usados, bem como impermeabilização ou outro tipo de protecção nas áreas de transferências destes produtos, de modo a evitar possíveis fugas para o solo ou água;
- O Armazenamento dos materiais britados deve ser realizado de modo a evitar o seu arrastamento para a linha de água;
- Existências de fichas de operação, manutenção e verificação individuais para cada equipamento;
- Colocação de estrado de material plástico no duche;
- Realização de análises ao ruído e às poeiras na área de britagem;
- Introdução de protecção metálica na tela do separador electromagnético e na zona das escadas de acesso ao britador.

De acordo com o exigido na legislação industrial em vigor, foi enviado, na data de 23/11/2006, um ofício à Direcção Regional de Economia do Alentejo, dando conhecimento da operação da Unidade Piloto. No que respeita às medidas adicionais solicitadas no auto de vistoria, a equipa do projecto desenvolveu os procedimentos necessários no sentido de dar respostas às mesmas. As soluções propostas encontram-se descritas no Capítulo 6 deste documento, onde se descrevem os problemas e necessidades de melhoramentos detectados durante a operação da Unidade Piloto.

2.5. Seguro de responsabilidade civil

No âmbito da emissão do Alvará de Utilização de Domínio Público Hídrico referente à Unidade Piloto, foi exigida a constituição de uma apólice de seguro de responsabilidade civil, para cobrir eventuais danos a terceiros que possam resultar do funcionamento da Unidade Piloto. Após análise dos potenciais riscos, a terceiros, inerentes ao funcionamento da Unidade Piloto, foi realizada uma apólice de seguro de responsabilidade civil, que se encontra em vigor desde o dia 29/05/2006, sendo o capital a segurar de 25000 euros.

3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA UNIDADE PILOTO

3.1. Resíduos recebidos (origem, quantidades e tipologias esperadas)

A Unidade Piloto de Reciclagem de Entulho foi dimensionada e licenciada para receber, armazenar e reciclar a fracção inerte dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD), constituída pelos resíduos identificados na tabela 3.1.

Estes RCD inertes (figura 3.1) são obrigatoriamente sujeitos a uma prévia separação no local de produção, por parte dos produtores, sob pena de ser recusada a sua recepção. Os restantes resíduos (figura 3.2) são rejeitados, sendo a responsabilidade dos respectivos detentores/produtores garantir um destino adequado para os mesmos.

Tabela 3.1 – RCD inertes recebidos na Unidade Piloto de Reciclagem de Entulho

Código LER *	Descrição
17 01 01	Betão
17 01 02	Tijolos
17 01 03	Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos
17 01 07	Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, que não contenham substâncias perigosas

*Lista Europeia de Resíduos publicada através da Portaria nº 209/2004 de 3 de Março de 2001



Figura 3.1 - Exemplos dos RCD inertes que são recebidos e processados na Unidade Piloto



Figura 3.2 - Exemplos dos RCD não inertes que não podem ser recebidos na Unidade Piloto e que devem ser separados na origem pelos produtores dos resíduos.

Tendo em conta que antes do projecto não existiam dados a nível local sobre a produção e composição dos RCD (como, aliás, se verifica um pouco por todo o país), e no sentido de tentar caracterizar as quantidades e composição esperada dos RCD a processar, foram realizados inquéritos aos produtores locais. De acordo com os inquéritos realizados no início do projecto (2004), concluiu-se que:

- Se não considerássemos os resíduos de escavação/solos, os resíduos inertes (betão, tijolos, alvenaria, etc.) assumiam cerca de 80 % da produção total de RCD a nível local (figura 3.3)
- A fracção de tijolos e alvenaria, apresentava um relevo superior face aos resíduos de betão (representando cerca do dobro do valor de betão produzido). Este facto poderia estar relacionado com o facto das maiores produções de betão resultarem de obras demolição, as quais ainda são em número reduzido no concelho. Por outro lado, as demolições realizadas dizem respeito a prédios ou habitações centenárias construídas com técnicas artesanais, pelo que muito raramente serão demolidos prédios cuja construção já envolveu a aplicação de betão armado.
- A produção anual estimada de RCD era de aproximadamente 7900 ton/ano de RCD inertes, sem considerar terras e solos. O que representa uma produção de RCD inertes de 426 Kg/hab/ano (sem considerar terras e solos). Se compararmos este valor, com os referidos no relatório Symonds (1999) para o nosso país, nomeadamente 320 kg/hab/ano, é possível verificar que os dois valores são relativamente semelhantes, sendo da mesma ordem de grandeza.
- Considerando uma densidade média dos RCD de 1.5 ton/m³ e que todos os RCD inertes seriam encaminhados para a Unidade Piloto, estimou-se um volume anual de RCD inertes recebidos na Unidade de aproximadamente 5267 m³, o que corresponde a cerca de 439 m³ mensais.

Os valores acima referidos foram calculados com base numa amostra de 30 inquéritos, de um total de 57 produtores (construtores civis com Alvará de Construção, com sede no concelho), tendo os próprios produtores referido alguma dificuldade em caracterizar e quantificar os resíduos produzidos, pois nunca tinham sido confrontados com essa necessidade.

No entanto, na ausência de dados mais concretos, o dimensionamento da Unidade Piloto foi realizado tendo em conta os valores acima referidos, esperando-se que a operação e monitorização da Unidade Piloto contribuísse para uma melhor caracterização dos RCD produzidos a nível local.

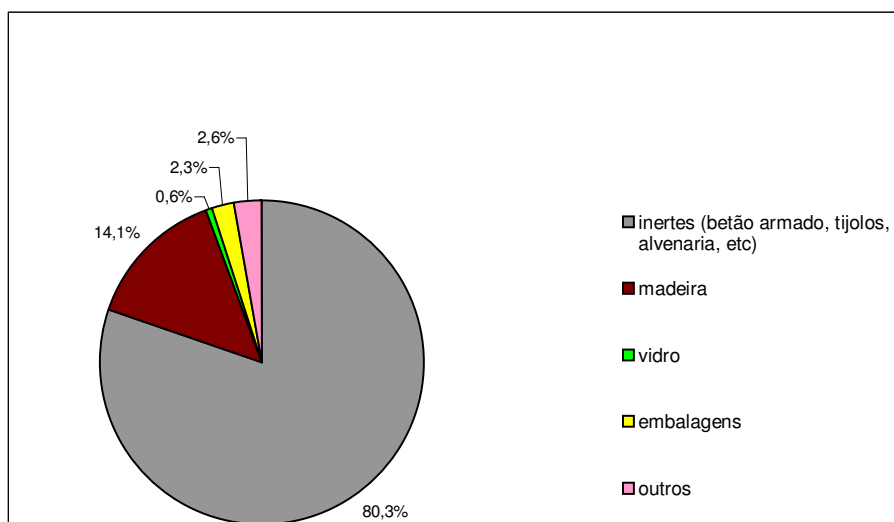


Figura 3.3. Composição relativa dos RCD a nível local, sem considerar resíduos de escavação (solo e terras) – estimativa com base em inquéritos realizados aos construtores civis com sede no concelho.

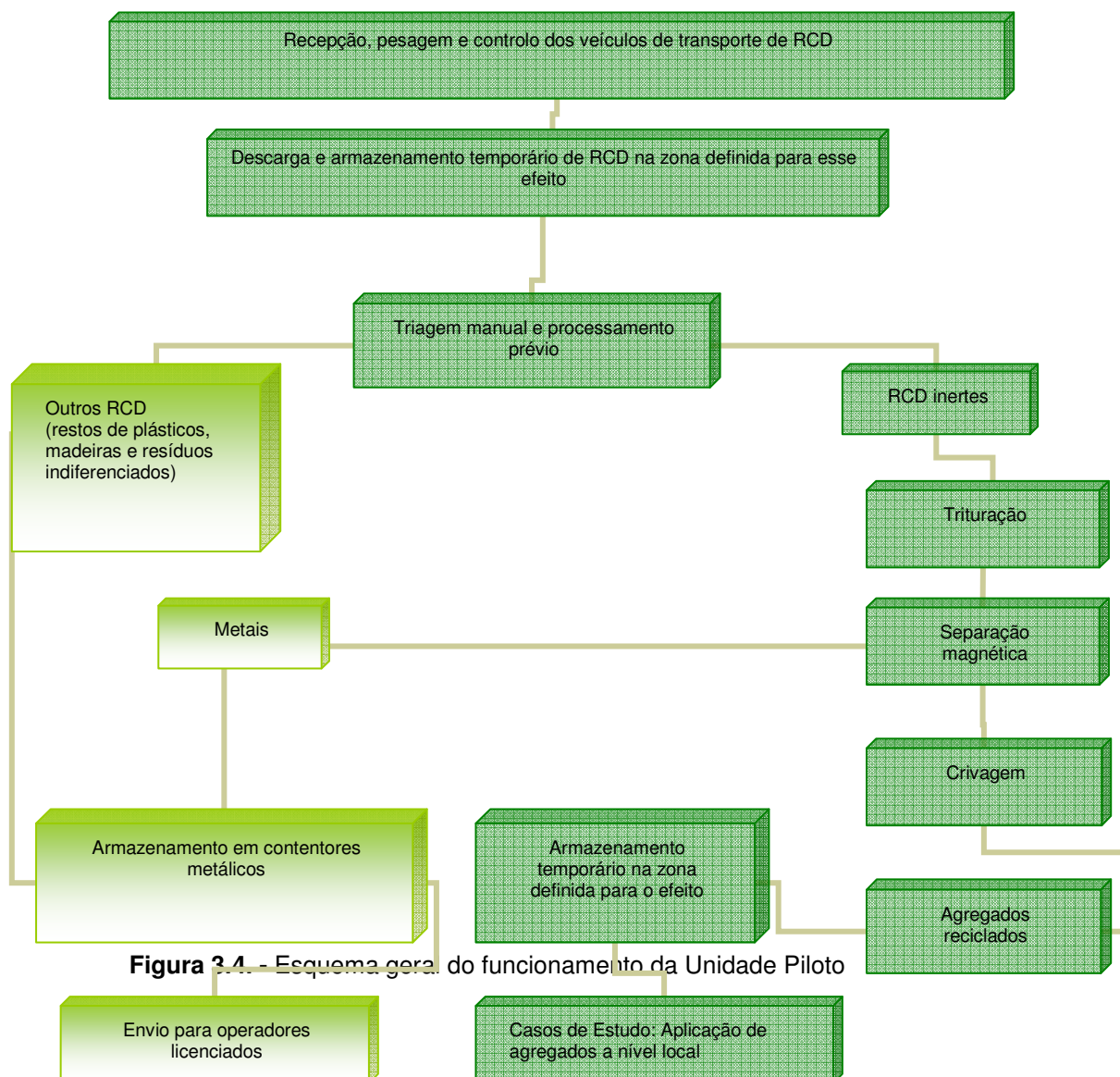
3.2. Produtos finais esperados

Os resíduos processados na Unidade Piloto (RCD inertes descritos na Tabela 3.1) serão reciclados e transformados em agregados reciclados de diferentes granulometrias, tendo por objectivo a produção de materiais que possam substituir agregados naturais em obras de construção civil.

Tendo em conta as utilizações previstas nos Casos de Estudo da Tarefa 5, a Unidade Piloto foi dimensionada de forma a produzir materiais com as seguintes granulometrias: 0 - 4 mm; 4 - 8 mm; 8 - 12 mm; 12 - 22 mm; 22 - 31 mm; > 31 mm.

3.3. Esquema geral de operação

A operação da Unidade Piloto implicou a realização dos procedimentos definidos no Estudo Prévio e Projecto de Execução da Unidade Piloto, os quais se encontram sintetizadas na figura 3.4. Todas as operações da Unidade Piloto foram acompanhadas de um Plano de Monitorização regular (descrito no capítulo 4), no sentido de identificar e avaliar o desempenho da Unidade Piloto, bem como identificar e corrigir eventuais problemas. Adicionalmente, a operação da Unidade Piloto contemplou ainda operações de limpeza e manutenção do equipamento instalado e a gestão dos refluxos gerados durante a actividade. No capítulo 4 apresenta-se uma descrição dos procedimentos envolvidos na operação e monitorização da Unidade Piloto, os quais respeitaram o presente esquema de operação.



3.4. Produção de Resíduos e Efluentes

A operação da Unidade Piloto produz alguns resíduos sólidos e efluentes líquidos, que podem ser classificados como outputs do sistema (figura 3.5). A gestão destes resíduos encontra-se descrita no capítulo 4, deste documento.

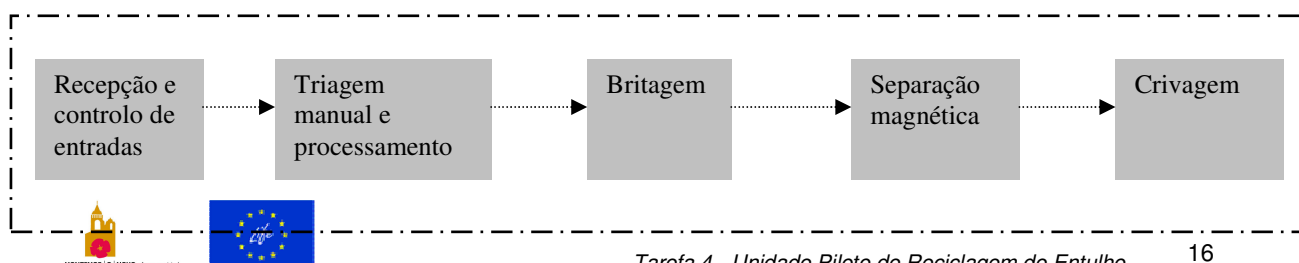




Figura 3.5. – Esquema simplificado da operação da Unidade Piloto, identificando os principais outputs do sistema de reciclagem a instalar.

3.5. Zonamento e infra-estruturas

A definição da Planta de Implantação foi realizada de forma a permitir a implementação de uma infra-estrutura única, definida especificamente para este projecto, que permitisse a correcta operação da Unidade Piloto, sem riscos ambientais e em condições que garantissem a segurança dos operadores. Nesse sentido, a definição da planta de implantação foi realizada de acordo com os princípios orientadores que se resumem na tabela 3.2, integrando o zonamento que se descreve de seguida:

a) Zona de protecção ou não intervencionada:

De forma a promover uma melhor integração do projecto na paisagem local, foi contemplada uma faixa de protecção a partir da vedação periférica, que envolve quase a totalidade do perímetro e que não deverá ser ocupada. Simultaneamente foram definidas algumas zonas não intervencionadas no interior da Unidade Piloto que visam a protecção dos exemplares arbóreos existentes.



b) Zona de recepção e pesagem (235 m2):

Local junto ao portão de acesso, onde foi instalada a portaria e a báscula de pesagem. Nesta zona a área de circulação foi objecto de pavimentação com uma camada de “tout-venant”.



c) Zona de lavagem de equipamentos de recolha:

Zona destinada à lavagem de equipamentos (veículos pesados e contentores de recolha de resíduos), com pavimento à base de cimento portland. Esta é dotada de



sistema de escoamento, ligado ao esgoto público, incluindo um sistema de retenção de óleos e de areias. Nesta zona foi instalado um ponto de água.

d) Zona de descarga e armazenamento temporário dos RCD inertes (1680 m2):

Zona destinada à descarga e armazenamento temporário dos RCD inertes a processar. A zona de armazenamento encontra-se em terra batida e compactada, apresentando algumas árvores no seu interior.

e) Zona de contentores metálicos:

Zona destinada ao estacionamento de contentores de recolha que não estejam a ser utilizados e de contentores destinados ao acondicionamento (contentores cobertos com tela impermeável) de alguns RCD não inertes, eventualmente contidos nos resíduos a processar.



f) Zona de reciclagem (1400 m2):

Local onde se realiza a operação de reciclagem, com área destinada à instalação do sistema de reciclagem e zonas para acumulação do material que vai sendo reciclado, bem como circulação da retroescavadora e colocação de contentores para depósito de fracções não inertes eventualmente existentes. Esta zona consiste numa plataforma com inclinação adequada à instalação e operação dos equipamentos em causa, a qual foi pavimentada com uma camada de agregado britado de granulometria extensa (tout-venant) com cerca de 20 cm, delimitada com lancis, prevendo-se locais de acesso à retroescavadora. Nesta zona foram instalados dois pontos de água para alimentação do sistema de redução de poeiras e apoio à manutenção dos equipamentos.



g) Zona de armazenamento dos agregados reciclados (1200 m2):

Zona destinada ao depósito temporário dos produtos acabados (agregados reciclados de diferentes



granulometrias). Esta zona encontra-se em terra batida, apresentando algumas árvores no seu interior, o que garante uma certa compartimentação do espaço.

h) Zona de circulação:

Zonas destinadas à circulação de veículos de transporte e retro-escavadora. Foram considerados os seguintes circuitos preferenciais: 1) Veículos pesados que afluem especialmente à zona de descarga e armazenamento de resíduos; 2) Retroescavadora que procede ao manuseamento dos RCD na "zona de reciclagem" e garante o transporte dos resíduos desde a "zona de descarga e armazenamento" até à "zona de reciclagem" e desta para a "zona de armazenamento dos agregados reciclados"; 3) Veículos pesados que circulam até à "zona de armazenamento de agregados reciclados"; 4) Veículos pesados que se deslocam até à "zona de lavagem de equipamentos". Estas zonas encontram-se compactadas, algumas foram objecto de aplicação de tout-venant para melhorar as condições de circulação, mas a maioria encontrava-se em terra batida, antes do início da operação da Unidade Piloto.



Tabela 3.2 - Princípios orientadores na definição da proposta final da planta de implantação da Unidade Piloto

Utilização eficiente do espaço disponível	Procurar a menor área de implantação que corresponda ao melhor aproveitamento do espaço disponível
Enquadramento ambiental e paisagístico	Reservar uma faixa de protecção a partir da vedação periférica, que não deverá ser ocupada.
	Reduzir ao máximo o número de exemplares arbóreos a abater.
	Reduzir as movimentações de terra necessárias.
	Garantir as condições mínimas necessárias de forma a garantir o funcionamento da instalação em condições de segurança e ambientais adequadas.
Funcionamento adequado face aos objectivos e operações a realizar	Disposição correcta do zonamento, das infra-estruturas e equipamentos necessários de modo a obter um correcto funcionamento no seu conjunto.
	Dotar o recinto com áreas de circulação adequadas aos movimentos de viaturas pesadas, de forma a garantir a circulação de veículos e equipamentos em consonância com as operações necessárias à trituração e manuseamento dos resíduos dentro da Unidade, com as operações de controlo e pesagem dos resíduos que entram e saem da Unidade, bem como com o estacionamento eventual das viaturas e equipamentos de recolha de resíduos.
Carácter Inovador da Instalação	Garantir a instalação de uma infra-estrutura de reciclagem de RCD inovadora, ainda não instalada tal como definida no seu conjunto.
Carácter piloto	Garantir a instalação de uma unidade que permita a operação da reciclagem em condições adequadas, mas que apresente alguma versatilidade e um carácter não definitivo, de forma a permitir eventuais alterações/melhoramentos caso isso se torne conveniente, evitando custos desnecessários.

Em termos gerais, após concluída a obra, considera-se que a planta final de implantação da Unidade Piloto (figura 3.6) permitiu cumprir os objectivos predefinidos, tendo garantido uma integração na paisagem local sem qualquer abate de árvores existentes. Para além do zonamento acima referido, a planta final da Unidade Piloto contemplou a construção das infra-estruturas necessárias ao seu correcto funcionamento, as quais se encontram descritas na

tabela 3.3. Na figura 3.7 apresentam-se alguns aspectos gerais das obras de instalação da Unidade Piloto.

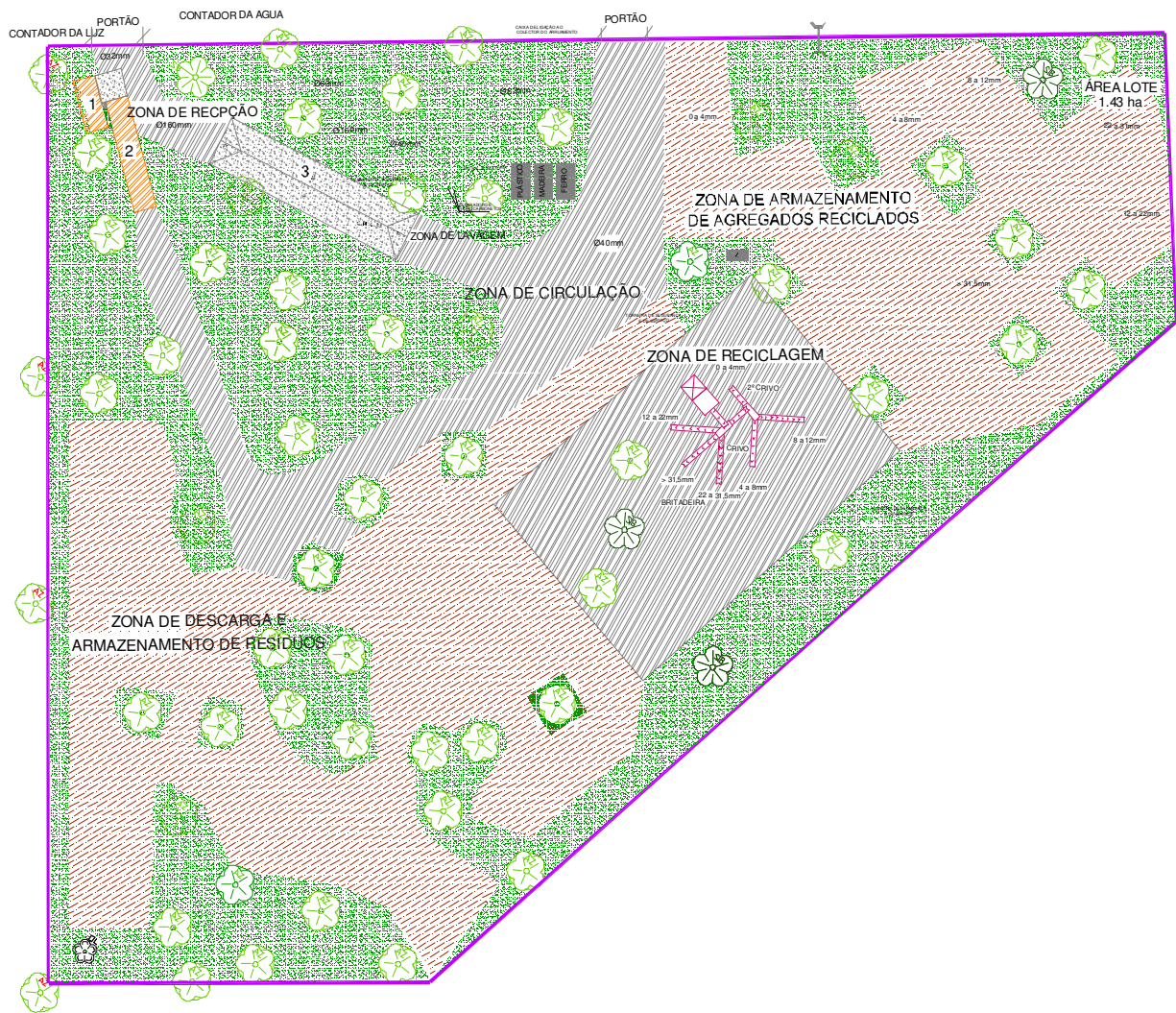


Figura 3.6 – Aspecto Geral da Planta de Implantação da Unidade Piloto

Tabela 3.3 – Descrição das Infra-estruturas construídas

Infra-estrutura	Justificação	Breve descrição
Vedação e portão de acesso	Controlo do acesso à unidade piloto por viaturas, pessoas e animais. Controlo de entradas	A área de intervenção foi vedada, em toda a sua periferia. Foi instalada uma rede metálica plastificada com altura de 2,00 m e assente em murete de 0,2 X 0,4 m, no perímetro norte. No restante perímetro a vedar, utilizou-se uma rede ovelheira de tripla zincagem, com 2,00 m de altura.
Portão de entrada	Controlo de entradas	O portão de acesso é um portão manual (com 6m de comprimento e 2 m de altura) em ferro e rede metálica plastificada.
Portaria	Controlo de entradas e ponto de apoio ao funcionamento geral da Unidade Piloto	A portaria instalada constitui uma infra-estrutura amovível pré-fabricada, que foi adaptada às necessidades da Unidade. Contempla rede eléctrica, rede de abastecimento de água e esgotos, terminal electrónico da balança de pesagem, sanitários e armários de arrumos.
Rede de Abastecimento de água	Condições mínimas para os operários; limpeza dos equipamentos e minimização de poeiras	A rede de abastecimento de água instalada garante: 1) o abastecimento de água potável à portaria; 2) a existência de um ponto de água junto à “zona de lavagem dos equipamentos de recolha de resíduos”; 3) a existência de uma boca de rega/incêndio junto à “zona de reciclagem”. O abastecimento de água à Unidade Piloto é assegurado pela rede de abastecimento público do Parque Industrial da Adua.
Sistema de drenagem de águas pluviais	Condução das águas pluviais, redução dos riscos de erosão, redução dos danos nos pavimentos, redução de eventuais riscos de contaminação ou escoamento de materiais para a linha de água..	As águas pluviais são drenadas superficialmente através do terreno, sendo o seu escoamento realizado através de valetas em terra batida, que conduzem essas águas para as linhas de água que passam próximo, evitando os riscos de erosão.
Pavimentações/ Compactação do terreno	Melhorar as condições de circulação e operação dos equipamentos, criar circuitos preferências, reduzindo os impactos na restante parcela.	OS pavimentos aplicados foram o mais simples possível, de forma a facilitar qualquer alteração à planta de implantação que se tornasse necessária em fase de operação. Assim, na “zona de reciclagem” propriamente dita foi aplicada uma camada de agregado britado de granulometria extensa; na “zona de lavagem dos equipamentos”, aplicou-se um pavimento à base de cimento portland; nas “zonas de armazenamento de resíduos antes e após processamento”, bem como nas “zonas de circulação”, procedeu-se à terraplenagem do terreno e à sua compactação, ficando estas áreas em terra batida. Os resíduos a processar na Unidade Piloto serão maioritariamente resíduos inertes, pelo que se entendeu ser desnecessária a pavimentação das áreas de armazenamento quer dos resíduos a processar quer dos produtos finais resultantes. A não pavimentação destas áreas irá também garantir uma maior versatilidade da Unidade Piloto, pois caso se venha a verificar que são necessárias alterações ao esquema geral de funcionamento durante a sua operação experimental, será mais fácil proceder a essas alterações. Numa fase futura e caso seja necessário, a pavimentação destas zonas, com betuminoso ou cimento, poderá ser equacionada.
Rede eléctrica	Condições mínimas para os operários e funcionamento do equipamento de pesagem	O projecto da rede eléctrica inclui o fornecimento de energia à portaria, não se prevendo nesta fase a instalação de iluminação exterior da Unidade Piloto. O equipamento instalado (excepto a balança, que será ligada à portaria) não necessita de rede eléctrica.
Rede de saneamento	Garantir destino adequado para os efluentes produzidos durante o funcionamento (efluentes domésticos da portaria e águas de lavagens dos equipamentos)	Foi instalado um sistema de escoamentos de esgotos domésticos a partir da instalação sanitária da portaria, o qual garante a ligação com o sistema de saneamento público. Simultaneamente foi assegurada a drenagem das águas de lavagens na “zona de lavagem” para o mesmo sistema de saneamento. Instalou-se ainda um sistema simples de retenção de óleos provenientes da lavagem do equipamento, antes da sua descarga na rede de saneamento pública, bem como uma caixa de retenção de areias.



a) Vedações



b) Portaria, portão de acesso e instalação da rede eléctrica



c) Separador de hidrocarbonetos e caixa de retenção de areias



d) Rede de abastecimento de água



e) compactação das zonas de armazenamento e circulação

Figura 3.7 – Aspectos gerais da obra da Unidade Piloto

3.6. Sistema de reciclagem instalado

O sistema/equipamento de reciclagem é uma das principais componentes da Unidade Piloto, pois é este que permite a efectiva reciclagem dos resíduos. O sistema de reciclagem instalado é constituído por diferentes componentes, que em termos globais incluem: tolva de alimentação, britador, separador electromagnético, 2 crivos e 6 tapetes (figura 3.8).



Figura 3.8 – Aspectos gerais do equipamento de reciclagem e suas componentes

As características gerais das várias componentes do sistema de reciclagem foram definidas na fase de *Estudo Prévio*, com o objectivo de instalar um sistema de reciclagem único, adaptado às características piloto do presente projecto e que permitisse testar, à escala real, a operação de reciclagem dos resíduos produzidos no concelho de Montemor-o-Novo, incluindo betão armado com as respectivas armaduras.

Tratando-se de um projecto demonstrativo, foram dispensados alguns componentes mais complexos, como por exemplo: sistemas de separadores de correntes de ar ou por banho, que são utilizados para remoção de pequenos pedaços de madeira, papel e têxteis misturados nos agregados finais. Estas componentes implicam certamente melhorias em termos da qualidade do produto final obtido. No entanto, numa fase inicial as mesmas foram dispensadas, considerando-se que os resultados do projecto poderão clarificar a necessidade de proceder à sua instalação, bem como identificar as tipologias e principais características das mesmas.

Posteriormente, no âmbito do Projecto de Execução da Unidade Piloto, foram especificadas as características individuais de cada componente (as quais se encontram resumidas na tabela 3.4), bem como a forma de ligação e disposição no terreno das mesmas, de modo a constituírem um sistema de reciclagem autónomo. No seu conjunto o sistema de reciclagem ocupa uma área de aproximadamente 1400 m² incluindo zonas de circulação de equipamentos e zonas reservadas à acumulação dos produtos à medida que os mesmos vão sendo produzidos (figura 3.9).

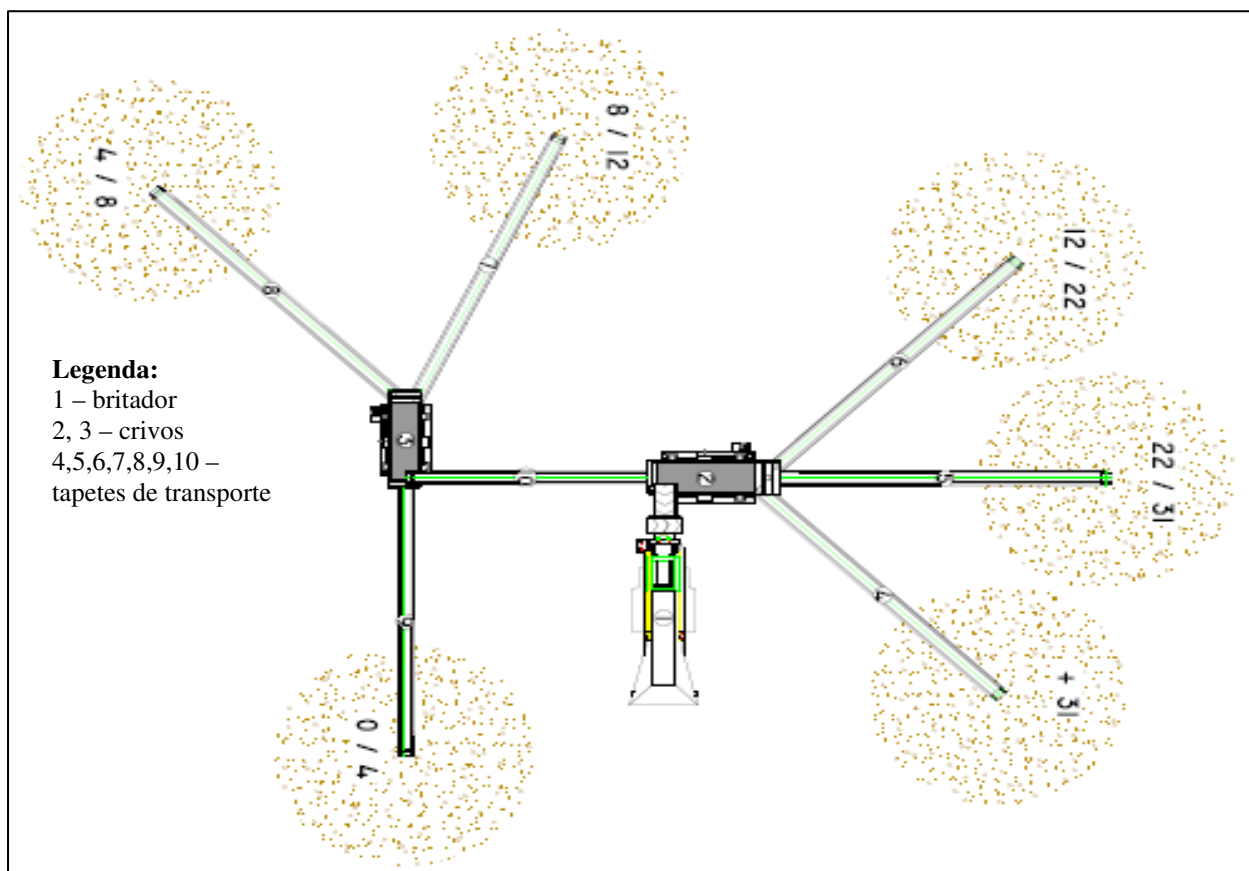


Figura 3.9 – Esquema geral de implantação do equipamento de reciclagem

Tabela 3.4 – Descrição das diferentes componentes do sistema de reciclagem

Componente	Função	Características principais
Sistema de Alimentação	Permite alimentar o britador com uma retro-escavadora, evitando sobrecargas de alimentação	Dimensões máximas dos resíduos: 500 mm Altura de carga: 1,9 m Largura de carga: 2,5 m; Largura da tolva: 0,64 m Capacidade: 1,2m3
Britador	Reduz o tamanho dos RCD	- Trituradora de impacto com 3 martelos - Motor Diesel com potência máxima de 53Kw a 1500 rpm - Arrefecida a água - Consumos médios de 2 litros/hora de gasóleo - Ruído produzido: 75 Db a 20 metros - Capacidade: 50 a 80 ton/hora (em função do material a reciclar)
Gerador trifásico	Funcionamento do britador e dos crivos e tapetes	19 KVa 400V
Sistemas de controlo de poeiras	Permite a supressão de poeiras durante a britagem	Funciona através de jactos de água no britador e na saída do mesmo
Separador magnético	Remoção de metais a jusante da britagem e antes da crivagem	Dimensões: 620x420x240 mm Largura da tela: 650 mm Velocidade da tela: 1.2 m/s Peso: 340 kg Motor eléctrico: 0.75kW / 400V, 50Hz
1.º Crivo	Classificação dos materiais mais grossos	Semi-móveis, com rodas e chassis Dotado de 3 níveis de separação, com malhas de: 12-22 mm; 22-31,5 mm e superior a 31,5 mm
2.º Crivo	Classificação dos materiais mais finos	Semi-móveis, com rodas e chassis Dotado de 3 níveis de separação, com malhas de: 0-4 mm; 4-8 mm, 8-12 mm
Tapete e Tolva entre o britador e os crivos	Transporte dos resíduos do britador para os crivos	- Altura de carga da tolva: 1,9 m - Largura da tolva 2,5 m; - capacidade da tolva: 1,2 m3 - Cinta transportadora com 2 níveis e pré-selecção de velocidade e sentido de marcha de acordo com a carga, sendo reforçada com sistema de absorção de impactos
6 Tapetes transportadores	Transporte dos resíduos depois de classificados pelos dois crivos	Móveis, com rodas e regulação em altura 1 motor por crivo Dimensões: 500x10000 (mm)

A instalação das diferentes componentes na Unidade Piloto, foi efectuada de forma a respeitar a disposição dos equipamentos definida em projecto, envolvendo uma série de operações de fixação, estabilização e adaptações dos mesmos de forma a permitir a sua ligação e posterior funcionamento em conjunto. Na figura 3.10 e 3.11 podem observar-se alguns aspectos da instalação e montagem do sistema de reciclagem.



Figura 3.10 - Aspectos gerais da montagem do britador



Figura 3.11 – Aspectos gerais da montagem do sistema de crivagem (crivos e tapetes)

3.7. Equipamento necessários

Equipamento de pesagem

Este equipamento destina-se à medição e registo do peso dos resíduos que entram na Unidade e dos agregados reciclados que posteriormente serão encaminhados para novas obras. Para além destes registos, o equipamento de pesagem é igualmente importante no âmbito de alguns ensaios de monitorização que implicam a pesagem dos resíduos e dos produtos obtidos em cada ensaio.

Foi instalada uma Ponte báscula de sistema superficial, totalmente metálica de construção modular, com tabuleiro revestido a chapa gota anti-derrapante de grande espessura, equipado com sistema de limitadores de oscilação não desafináveis (figura 3.12).

A báscula de pesagem instalada consiste num equipamento fixo que faz parte integrante das infra-estruturas desta unidade, pelo que a sua localização, características e procedimentos de instalação foram definidos no projecto no Projecto de Execução da Unidade Piloto, tendo em conta a necessidade de conjugação com as restantes componentes da unidade.



Figura 3.12 – Trabalhos de instalação da báscula e aspecto final depois da montagem

A balança está ligada a um terminal electrónico que permite a visualização, registo e impressão das medições na recepção a instalar. Para inspecção e a fim de facilitar operações de limpeza, existe um corredor central com tampas amovíveis de 50 cm de largura.

Trata-se um equipamento compacto de tecnologia totalmente electrónica, equipado com células de carga de compressão de última geração, completamente em aço inox IP68, com aprovação OIML R60. As células de carga são produzidas garantindo uma optimização tecnológica. Os sistemas de pesagem assim configurados têm aprovação CE de Tipo em conformidade com a directiva 90/384/CEE.

Apresenta uma capacidade de pesagem de 60 toneladas e uma plataforma de pesagem com 15,89 m de comprimento e 3 metros de largura.

Antes do início do seu funcionamento, a mesma foi sujeita a uma aferição realizada pela Direcção Regional da Economia do Alentejo, tendo sido emitido o respectivo Certificado de Controlo Metrológico em Fevereiro de 2006.

Equipamento de manuseamento de RCD inertes e produtos finais

No sentido de garantir o manuseamento dos resíduos e agregados na Unidade Piloto, foi adquirida uma retro-escavadora (figura 3.13). Este equipamento assegurou a realização dos seguintes serviços:

- Manuseamento dos resíduos na zona de armazenamento
- Alimentação da britadora
- Transporte dos resíduos britados da zona de reciclagem para a zona de armazenamento destes materiais
- Manuseamento dos agregados reciclados na respectiva zona de armazenamento
- Carregamento dos veículos com agregados reciclados, quando o mesmo são enviados para os casos de estudo previstos na Tarefa 5 do projecto.

As características da retro-escavadora foram definidas tendo em conta os serviços realizados na Unidade Piloto, bem como a possibilidade de ser utilizada noutros trabalhos de limpeza, abertura de valas ou outros, que sejam necessários nas diferentes acções do projecto.

A retro-escavadora adquirida apresenta tracção total (versão 4*4) e lança extensível, bem como um carregador frontal (pá) com capacidade para um 1 m³. A largura do balde foi seleccionada de forma a garantir que a mesma fosse adequada à tolva de alimentação do equipamento de reciclagem.



Figura 3.13 – Serviços assegurados pela retro-escavadora (exemplos)

Equipamento para redução das dimensões dos RCD inertes

Alguns dos RCD inertes recebidos na Unidade Piloto, têm de ser objecto de redução do tamanho ou corte de varões metálicos, de forma a poderem ser introduzidos no equipamento de reciclagem sem provocar danos no mesmo.

Estas operações foram realizadas com os seguintes equipamentos/ferramentas (figura 3.14):

- balde da retro-escavadora
- Martelo perfurador, marca MAKITA HR4000C (1 unidade), equipado com ponteiros, cinzel e outros elementos fundamentais ao seu funcionamento.
- Marreta de 10 kg (1 unidade)
- Rebarbadora (1 unidade), equipada com disco de corte de diamante disco de corte de metal e disco de corte pedra (5 unidades)

Não foi prevista a aquisição de equipamento mais robusto e específico para esta operação, visto que tendo em conta o tipo de obras realizadas no concelho (pequenas reparações em construções antigas, constituídas sobretudo por materiais à base de taipa) se previa que os resíduos com grandes dimensões fossem pouco significativos, o que não justificava a aquisição deste equipamento numa fase piloto.



Figura 3.14 – Equipamentos para redução da dimensão dos RCD inertes: a) rebarbadora; b) martelo eléctrico; c) balde da retro-escavadora

Equipamento para armazenamento de RCD não inertes

Foram instalados na Unidade Piloto 3 contentores móveis, de metal, com uma capacidade de 7 m³, os quais se destinam ao armazenamento temporário de RCD não inertes eventualmente existentes nos resíduos recolhidos, de acordo com as seguintes tipologias: plásticos, metais e madeiras (figura 3.15). Estes contentores foram cobertos com telas impermeáveis, adquiridas no âmbito do projecto.

Adicionalmente, foram ainda previstos 10 contentores plásticos (idênticos aos utilizados no sistema municipal de recolha de resíduos sólidos urbanos), distribuídos por diferentes locais da Unidade Piloto, onde se procedeu ao armazenamento dos resíduos indiferenciados semelhantes a RSU. Estes resíduos são recolhidos no âmbito do sistema municipal de RSU. Inicialmente, foram aproveitados alguns contentores antigos que deixaram de ser utilizados por se encontrarem com as tampas partidas. No entanto, com o decorrer da operação da unidade piloto verificou-se a necessidade de adquirir novos contentores, porque os resíduos armazenados não estavam protegidos na chuva, originando algumas escorrências.



Figura 3.15 – Contentores existentes na Unidade Piloto para armazenamento temporário de resíduos (fracções não inertes): a) contentores para madeiras, plásticos e metais; b) contentores para resíduos indiferenciados.

Ferramentas de limpeza e manutenção dos equipamentos

No sentido de apoiar a operação, manutenção e monitorização da Unidade Piloto foram adquiridas algumas ferramentas e equipamentos considerados indispensáveis à correcta execução dos trabalhos em causa (figura 3.16), nomeadamente:

- Compressor eléctrico de 50 l, equipado com mangueira, pistola de limpeza e lubrificação. Necessário à limpeza de finos que se acumulam na base do britador.
- Bomba de lubrificação (lubrificação regular de algumas peças da unidade de britagem e crivagem)
- Caixa de ferramentas diversas

A necessidade destes equipamentos ou ferramentas surge na sequência de recomendações de manutenção e cuidados de operação do equipamento de reciclagem instalado, indicadas pelos respectivos fornecedores.



Figura 3.16 – Equipamentos/ferramentas de operação/manutenção: a) bomba de lubrificação; b) compressor; c) caixa de ferramentas diversas

Equipamento de monitorização

No sentido de apoiar a monitorização da Unidade Piloto, foi requisitado um computador portátil para registo no local dos dados obtidos na monitorização, bem como uma balança que permite a pesagem de pequenas quantidades de materiais.

Inicialmente, os dados de monitorização foram registados manualmente em Fichas de Monitorização, sendo posteriormente introduzidos numa base de dados em folha de cálculo. No entanto, e face ao volume de dados recolhidos, a aquisição de um computador portátil facultou o registo imediato dos dados de monitorização, permitindo uma análise mais célere e prática do funcionamento da Unidade Piloto.

A pesagem de pequenas quantidades de materiais, no âmbito dos ensaios realizados na Unidade Piloto, foi inicialmente efectuada com uma balança dispensada pelo parceiro RTS, Pré-fabricados de betão, lda (Figura 3.17). Posteriormente, foi adquirida uma balança semelhante que permitiu assegurar os ensaios previsto no plano de monitorização da Unidade Piloto.



Figura 3.17 – Balança utilizada nos ensaios de monitorização efectuados.

3.8. Elementos de segurança e protecção

No sentido de minimizar eventuais riscos na operação da Unidade Piloto, foram identificados no Estudo Prévio da Unidade Piloto e posteriormente nos parecer da Inspecção-geral do Trabalho e Delegação Regional de Saúde, a necessidade de instalar e adquirir os seguintes elementos de segurança e protecção (figura 3.18):

- Caixa de primeiros socorros, contendo: •*Algodão hidrófilo; Álcool a 80%; Betadine; Tesoura; Soro Fisiológico; Cotonetes; Ligaduras; Adesivo; Gaze esterilizada; Talas variadas; Água oxigenada; Luvas cirúrgicas; Barra de sabão; Lenço triangular; Pensos rápidos; Pomada Anti-séptica; Pomada analgésica*
- Capacete com viseira em acrílico e abafadores (auriculares)
- Óculos de protecção panorâmicos
- Tampões para protecção auricular
- Máscaras de protecção para boca e nariz
- 3 extintores distribuídos pela portaria (extintor pó químico – 6 kg), zona de armazenamento de resíduos e zona de reciclagem (extintores CO2 – 2 kg)
- Placas de sinalização reflectoras com instruções de utilização para os diversos equipamentos
- Placas de sinalização de saída de emergência



Figura 3.18 – Exemplos dos elementos de protecção individual, caixa de primeiros socorros, extintores e placas de sinalização, disponíveis na Unidade Piloto

4. OPERAÇÃO E MONITORIZAÇÃO

4.1. Início da operação/monitorização e horário de funcionamento

A operação e monitorização da Unidade Piloto teve início em Abril de 2006 (após a emissão da respectiva Licença de Armazenamento de Resíduos, por parte da CCDRA) e decorreu até ao final do mês de Julho de 2007 (data final do Projecto REAGIR).

Nos primeiros 2 meses procedeu-se apenas ao armazenamento dos resíduos, pois ainda se aguardava a autorização prevista na lei para a realização da reciclagem. Durante este período foram realizados diferentes ensaios de britagem, de forma a verificar se o equipamento se encontrava a funcionar de acordo com o previsto, bem como diversas acções de formação dirigidas aos funcionários. A partir de Junho de 2006, após a emissão da autorização atrás referida, iniciou-se a operação de reciclagem dos resíduos (tabela 4.1).

Tabela 4.1. Cronograma das operações realizadas na Unidade Piloto (Abr. a Jul.07)

Operações	2006										2007					
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Recepção, armazenamento e triagem manual																
Acções de formação sobre a operação do equipamento de britagem e experimentação do equipamento																
Reciclagem																
Armazenamento de agregados reciclados																

A Unidade Piloto funcionou de segunda a sexta, das 8h -12h e das 14h -16h30m, recebendo os RCD inertes recolhidos pelo Sistema Municipal de Recolha Selectiva de Entulhos (Tarefa 2 do Projecto) ou entregues por produtores que asseguraram o seu transporte até à Unidade Piloto.

4.2. Funcionários necessários

A operação foi assegurada por dois cantoneiros de limpeza (contratados no âmbito do projecto) e um operador de máquinas pesadas (pertencente ao quadro de pessoal do município).

A monitorização é efectuada regularmente por um engenheiro civil contratado pelo projecto (Eng. Ana Simão), com o apoio dos funcionários da Unidade Piloto e acompanhamento de um técnico de engenharia do ambiente do quadro de pessoal do município.

4.3. Descrição da operação regular da Unidade Piloto

A operação da Unidade Piloto foi realizada de acordo com o esquema de operação sintetizado no esquema da figura 3.4, incluindo ainda acções de limpeza, manutenção do equipamento e gestão dos resíduos gerados. De seguida apresenta-se de forma mais pormenorizada os procedimentos desenvolvidos em cada uma das fases de operação.

4.3.1. Recepção e Controlo de entradas

Todos os resíduos recebidos foram pesados na báscula-ponte (figura 4.1). Durante a pesagem era efectuada uma análise prévia da conformidade dos resíduos, de forma a verificar se os mesmos se encontravam devidamente separados. Caso se verificasse a presença de quantidades significativas de plásticos, embalagens, vidros, madeiras, etc, a carga era rejeitada. No entanto, esta situação apenas ocorreu uma vez.

Após confirmar a possibilidade de receber os resíduos, o funcionário responsável preenchia o registo de entradas, onde eram anotados os dados do local de origem, a data da recepção, o peso e volume aproximado dos resíduos e a tipologia dos resíduos em causa, etc. Este registo foi efectuado para todos os resíduos recebidos, quer tenham sido recolhidos pelo Sistema Municipal de Recolha Selectiva de Entulho, quer tenham sido entregues pelos próprios produtores/detentores. O tratamento dos dados obtidos nestes registos, é apresentado e discutido no capítulo 5 deste documento.



Figura 4.1 – Os veículos são pesados à entrada e à saída, de forma a determinar o peso dos RCD transportados e entregues na Unidade Piloto.

4.3.2. Descarga e armazenamento dos resíduos

Depois de pesados, os resíduos foram descarregados na “zona de descarga e armazenamento” (figura 4.2.), de acordo com o seguinte procedimento:

- Zona A: Armazenamento de “resíduos cinzentos” (RCD constituídos essencialmente por alvenarias e argamassas)
- Zona B: Armazenamento dos “resíduos vermelhos” (RCD constituídos essencialmente por cerâmicos e tijolos)

- Zona C: Armazenamento dos resíduos de betão (RCD constituídos essencialmente por betão simples)
- Zona D: Armazenamento de resíduos de maiores dimensões ou com armaduras de betão sobressaídas.

No sentido de garantir que os resíduos eram descarregados no local correcto, a operação de descarga era acompanhada pela funcionário da Unidade, que indicava ao condutor do veículo onde deveria efectuar a descarga, verificando durante a mesma se os resíduos não apresentavam contaminantes. A definição do local onde os resíduos seriam descarregados era realizada através de uma observação directa do material (por exemplo, resíduos com um aspecto geral mais cinzentos eram compostos maioritariamente por betão e resíduos com tons mais avermelhados apresentam mais cerâmica).

Por vezes, após a descarga e durante o manuseamento dos resíduos, verificava-se que no interior existiam materiais em quantidades significativas que deveriam ter sido colocados noutra zona de armazenamento. Quando isto se verificava, e os resíduos se encontram relativamente separados, procedia-se à sua remoção para a zona de armazenamento respectiva.



Figura 4.2 – Descarga dos resíduos na zona de armazenamento.

4.3.3. *Triagem manual e pré-processamento dos resíduos*

Durante a descarga ou manuseamento dos resíduos na zona de armazenamento, foram realizadas as seguintes operações:

Triagem manual de fracções não inertes de maiores dimensões (madeiras, latas, objectos diversos, embalagens, plásticos, etc) . Após depósito na zona de armazenamento, os resíduos foram sujeitos a uma inspecção visual mais cuidada, no âmbito da qual foram removidas as fracções mais grosseiras de resíduos não inertes, eventualmente presentes e que iam ficando a descoberto com o revolvimento dos resíduos. Desta triagem resultaram pedaços de madeira, plásticos e objectos diversos, tais como: luvas, escovas, tecidos, restos de instalações eléctricas, fitas, etc. As madeiras removidas foram colocadas num contentor metálico para posterior encaminhamento para destino adequado. Os plásticos encontravam-se normalmente degradados e contaminados com terras e pó, não sendo possível encaminhá-los para reciclagem, pelo que foram colocados num contentor de resíduos equiparáveis a resíduos

sólidos urbanos, juntamente com os resíduos indiferenciados que são removidos manualmente (figura 4.3).



Figura 4.3 – Triagem manual e armazenamento de fracções não inertes.

- Fracturação de blocos de maiores dimensões, (garantir as dimensões máximas que podem ser introduzidas no britador e/ou reduzir o desgaste do equipamento). Esta operação foi realizada com a pá da retroescavadora, quando a rigidez dos resíduos em causa o permitia, e com a ajuda de um pequeno martelo pneumático (figura 4.4). Tal como referido no Capítulo 3, não foi adquirido equipamento próprio para esta operação, porque se previa que as quantidades de resíduos com grandes dimensões fossem pouco significativas, o que não justificava a sua aquisição numa fase piloto. No entanto, ao longo do projecto surgiram algumas situações em que a recepção de resíduos de maiores dimensões teve de ser rejeitada, visto que os mesmos não podiam ser introduzidos no britador e não dispunhamos de equipamento adequado para a sua fracturação.



Figura 4.4 - Fracturação de alguns resíduos antes da sua britagem, de forma a garantir uma dimensão adequada

4.3.4. Operação de reciclagem (britagem, triagem adicional e crivagem)

Após o armazenamento de uma quantidade significativa de RCD inertes, procedia-se à operação de reciclagem dos resíduos.

Antes de colocar o equipamento a funcionar o operador verificava se:

- o equipamento estava preparado para produzir a tipologia de produto final que se pretendia, nomeadamente: britas de diferentes granulometrias ou agregados de granulometria extensa (semelhante a tout-venant). Caso se pretendesse obter tout-venant, era colocada uma tela de borracha na segunda grelha (31-22 mm) do primeiro crivo. Desta forma, quando o material britado passava no primeiro crivo, apenas era removida a fracção >31 mm na primeira grelha. A restante fracção (31-0 mm) era encaminhada para um único tapete, produzindo-se um material semelhante a tout-venant. A tela era removida sempre que se pretendia produzir britas de diferentes granulometrias.
- o equipamento estava abastecido com água e gasóleo;
- estavam asseguradas todas as condições de segurança referidas no manual do equipamento;
- o contentor de recolha de metais ainda não estava cheio. Quando este contentor se encontrava cheio, os resíduos eram depositados num contentor metálico de 7 m³ (coberto com tela impermeável), sendo depois enviados para destino adequado.

Após confirmação destas situações, accionava-se o equipamento. Se as diversas componentes estivessem a funcionar correctamente, iniciava-se a operação de reciclagem.

Nesse sentido, os resíduos eram recolhidos na zona de armazenamento (utilizando a pá da retro-escavadora), sendo transportados e colocados directamente na tolva de alimentação do britador. Nestes casos, um dos funcionários ficava encarregue de observar o comportamento das diferentes componentes do sistema de britagem, enquanto o operador da retro-escavadora procedia à recolha dos resíduos e alimentação do britador (figura 4.5).



Figura 4.5 – Alimentação do sistema de reciclagem

Após a alimentação, os resíduos passavam no britador onde eram triturados em pedaços mais pequenos. Esses pedaços eram encaminhados automaticamente para um tapete onde eram sujeitos à acção do separador electromagnético para remoção dos metais. Os metais removidos caíam directamente num contentor situado por baixo do separador electromagnético (figura 4.6).



Figura 4.6 – Separador electromagnético e recolha de fracções metálicas existentes no RCD reciclados

Depois da separação electromagnética, os resíduos continuavam a circular através do mesmo tapete, sendo encaminhados para uma tolva que alimentava o primeiro crivo. O primeiro crivo era dotado de 3 grelhas com aberturas diferentes ($>31\text{mm}$, $31-22\text{mm}$ e $22-12\text{mm}$). O material que ficava retido nas diferentes grelhas era encaminhado através de um outro tapete para foram do sistema, acumulando-se debaixo da saída do tapete, formando uma pilha de material. O material mais fino, que não era separado no primeiro crivo, era encaminhado para um segundo crivo onde se procedia à separação das fracções mais pequenas: $12-8\text{mm}$, $8-4\text{mm}$, $4-0\text{mm}$ (figura 4.7).



Figura 4.7 – Aspectos gerais do sistema de crivagem instalado.

4.3.5. Triagem após a primeira crivagem

Durante a operação do sistema de reciclagem verificou-se que os agregados > 31mm apresentavam, por vezes, quantidades significativas de fracções não inertes, enquanto que nos restantes agregados era difícil detectar a presença destas materiais. Após uma observação mais cuidada verificou-se que a primeira grelha do primeiro crivo (a qual permite a separação das fracções superiores a 31 mm) permitia uma triagem complementar dos resíduos não inertes. De facto, os resíduos não inertes ainda existentes nesta fase apresentavam normalmente dimensões superiores a 31 mm, ficando retidas no primeiro crivo, conjuntamente com as fracções inertes > 31mm.

Assim, os resíduos não inertes acabavam por ficar concentrados nos materiais que saíam na primeira grelha do 1.º crivo, sendo mais fácil proceder à sua identificação e remoção. Desta forma, a operação da Unidade Piloto passou a integrar a triagem manual dos resíduos retidos no primeiro crivo, sempre que possível, de forma a permitir nova britagem destes materiais ou a sua utilização. Esta triagem era efectuada baixando o primeiro tapete do sistema de crivagem, por onde circula o material reciclado de granulometria > 31mm. Adicionalmente, procedia-se a uma triagem complementar à saída do tapete, de forma a remover eventuais componentes não inertes ainda existentes (figura 4.9).



Figura 4.9 – Os agregados reciclados com granulometria > 31 mm apresentam, por vezes, alguns materiais não inertes, que devem ser removidos de forma a promover o seu aproveitamento.

Os resíduos não inertes provenientes desta triagem apresentam dimensões reduzidas e são maioritariamente constituídos por resíduos indiferenciados ou muito contaminados com poeiras, pelo que não podem ser encaminhados para reciclagem. Desta forma, estes resíduos foram depositados nos contentores de resíduos equiparáveis a RSU (figura 4.10).



Figura 4.10 – As fracções não inertes removidas manualmente (após a 1.ª crivagem) são armazenadas temporariamente em contentores de plástico de 1000 l, sendo encaminhados para aterro.

4.3.6. Armazenamento dos agregados reciclados

Os agregados reciclados produzidos na zona de reciclagem eram transportados regularmente (com a ajuda da retroescavadora) para locais pré-definidos na Zona de Armazenamento dos Agregados Reciclados, de acordo com as suas granulometrias e resíduos que lhes deram origem (figura 4.10), nomeadamente:

- Zona A: Agregados mistos de granulometria 0-4 mm

Inclui a fracção 0-4 mm resultante da britagem de resíduos mistos vermelhos, mistos cinzentos e de betão.

- Zona B: Agregados mistos vermelhos

Incluiu o armazenamento separado das granulometrias 4-8 mm; 8-12 mm, 12-22mm e 22-31mm, obtidas com resíduos mistos vermelhos. Esta separação foi realizada de forma a permitir testar a sua aplicação em pavimentos de projectos de arranjo de exteriores - Casos de Estudo 2 e 3, da Tarefa 5, do projecto REAGIR

- Zona C: Agregados mistos cinzentos

Incluiu o armazenamento separado das granulometrias 4-8 mm; 8-12 mm, 12-22mm e 22-31mm, obtidas com resíduos mistos cinzentos. Esta separação foi realizada de forma a analisar a aplicação futura destes materiais em diferentes obras da CMMN - Casos de Estudo 2 e 3, da Tarefa 5, do projecto REAGIR.

- Zona D: Agregados de betão

Incluiu o armazenamento separado das granulometrias 4-8 mm; 8-12 mm, 12-22mm e 22-31mm, obtidas com resíduos de betão. Esta separação é realizada de forma a analisar a aplicação futura destes materiais na produção de novo betão – Casos de Estudo 1 e 4, da Tarefa 5, do projecto REAGIR.

- Zona E: Agregados mistos de granulometria >31 mm

Armazenamento da fracção >31 mm resultante da britagem de resíduos mistos vermelhos, dos resíduos mistos cinzentos e dos resíduos de betão. Esta fracção foi sujeita a uma separação manual regular de forma a proceder a remoção de fracção não inertes misturadas. Parte deste material foi utilizado no Caso de Estudo 3, da Tarefa 5 do Projecto REAGIR (enchimentos de maiores dimensões na arranjo de estradas de terra batida). No entanto, existiam quantidades excedentes, que foram novamente introduzidos no britador, com o objectivo de obter materiais de menor granulometria.

- Zona F: Agregados mistos de granulometria 0-31 mm

Armazenamento do material semelhante a tout-venant produzido com resíduos mistos cinzentos e vermelhos



Figura 4.10 – Transporte e armazenamento dos agregados reciclados na Zona de Armazenamento

4.3.7. Envio dos agregados reciclados para valorização

Os agregados reciclados foram recolhidos e transportados (figura 4.12) até aos locais de valorização previstos nos casos de estudo da Tarefa 5 do projecto. Antes de saírem da Unidade Piloto foi registado o peso, a data, a tipologia dos agregados e o seu destino final.



Figura 4.13 – Recolha de agregados reciclados para valorização, no âmbito dos casos de estudo do projecto

4.3.8. Limpeza e manutenção dos equipamentos

O equipamento de reciclagem da Unidade Piloto exigiu cuidados de manutenção específicos e regulares que foram garantidos pelos respectivos funcionários (figura 4.14), tais como:

- lubrificação dos motores do equipamento de britagem e crivagem (1 vez de três em três semanas)
- limpeza do britador e dos crivos (1 vez por semana)
- revisão geral do estado do equipamento (sempre que se ligava o equipamentos)

Estas operações foram fundamentais, não só para garantir a durabilidade dos equipamentos, mas também para garantir um funcionamento adequado dos mesmos, visto que a não realização destas acções afecta a qualidade do produto final obtido na reciclagem.



Figura 4.14 – Aspectos gerais da limpeza e manutenção do equipamento de reciclagem

4.3.9. Gestão de Resíduos e Efluentes

A gestão dos resíduos e efluentes produzidos foi realizada de acordo com o seguinte (figura 4.15):

Resíduos Equiparáveis a RSU, provenientes da Portaria: Resultaram das actividades desenvolvidas na portaria e foram recolhidos pelo Sistema Municipal de Resíduos Sólidos Urbanos, utilizando equipamentos de recolha adequados, sendo encaminhados para a Estação de Transferência de Resíduos Sólidos, cuja gestão é assegurada pela empresa GESAMB - Gestão Ambiental e de Resíduos, IEM.

Resíduos metálicos resultantes de separação electromagnética: Foram armazenados temporariamente na Unidade Piloto, num contentor metálico tapado com tela impermeável (de forma a evitar quaisquer escorrências resultantes do contacto com as águas pluviais). Posteriormente foram encaminhados para operadores devidamente licenciados para a sua recolha, armazenamento e/ou valorização.

Resíduos de madeira resultantes da triagem manual: Foram armazenados temporariamente na Unidade Piloto, num contentor metálico tapado com tela impermeável (de forma a evitar

quaisquer escorrências resultantes do contacto com as águas pluviais). Posteriormente, foram encaminhados para operadores devidamente licenciados para a sua recolha, armazenamento e/ou valorização.

Resíduos indiferenciados equiparados a RSU, resultantes da triagem manual: Estes resíduos não podem ser reciclados ou valorizados. Desta forma foram armazenados temporariamente na Unidade Piloto, num contentor de plástico de 1000 litros. Posteriormente, foram recolhidos pelo Sistema Municipal de Resíduos Sólidos Urbanos, utilizando equipamentos de recolha adequados, sendo encaminhados para a Estação de Transferência de Resíduos Sólidos, cuja gestão é assegurada pela empresa GESAMB - Gestão Ambiental e de Resíduos, IEM.

Óleos usados: Resultaram da manutenção dos equipamentos, prevendo-se o seu encaminhamento para operadores devidamente legalizados. De acordo com o exigido no âmbito do licenciamento da Unidade Piloto, estes óleos foram armazenados na Unidade Piloto numa zona coberta, dentro de um bidão colocado sobre uma estrutura metálica que funcionou como bacia de retenção.

Águas Residuais Domésticas, provenientes das instalações sanitárias da portaria: Estes efluentes foram encaminhados para o Sistema Municipal de Saneamento instalado na Zona Industrial da Adua.

Águas residuais provenientes da lavagem dos equipamentos: Os veículos de transporte e contentores de recolha de RCD inertes foram lavados, quando necessário, de forma a remover eventuais poeiras, restos de terras e lamas que existiam nos mesmos. Os efluentes líquidos produzidos (basicamente constituídos por águas de lavagem, partículas de terra, areias e eventuais resíduos de óleo da lubrificação dos equipamentos) foram encaminhados para o Sistema de Saneamento Municipal instalado na Zona Industrial. A montante do local de ligação ao Sistema de Saneamento Municipal, foi instalada uma caixa de retenção de areias, seguida de sistema de retenção de óleos. Os hidrocarbonetos e areias retidos nestes sistema, devem ser removidos quando se atinge a capacidade de armazenamento e encaminhados para operadores licenciados. No entanto, durante a operação não foi necessário proceder a essa remoção.



Figura 4.15 – Armazenamento temporário de resíduos não inertes produzidos na Unidade Piloto

4.4. Monitorização da Unidade Piloto

4.4.1. Objectivos do plano de monitorização

A monitorização da unidade piloto teve por objectivo caracterizar:

1. Os resíduos recebidos e reciclados na Unidade Piloto, em termos de: a) quantidades; b) tipologias; c) origem; d) grau de contaminação
2. Caracterizar o funcionamento do sistema de reciclagem em termos de: a) tempos e capacidade de reciclagem; b) produção de poeiras; c) produção de ruído; d) eficiência do separador electromagnético; e) eficiência dos crivos; f) problemas de funcionamento e necessidades de melhoramentos; g) consumos de água e gasóleo
3. Caracterização do funcionamento da retro-escavadora, no que respeita: a) tempos de trabalho; b) problemas de operação; c) consumos de gasóleo
4. Caracterização dos resíduos produzidos
5. Caracterização dos custos de operação/manutenção
6. Necessidades de melhoramentos nas diferentes infra-estruturas instaladas na Unidade Piloto
7. Caracterização dos produtos finais obtidos

4.4.2. Plano de monitorização e metodologias utilizadas

No sentido de atingir os objectivos atrás referidos foi definido o plano de monitorização sintetizado na tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Plano de Monitorização da Unidade Piloto

1. Caracterização dos resíduos recebidos na Unidade Piloto		
Parâmetros	Forma de registo/determinação	Periodicidade
Origem dos resíduos	Preenchimento de fichas de monitorização durante a recepção dos resíduos	Regular/diária
Tipologia dos resíduos	Preenchimento de fichas de monitorização durante a recepção dos resíduos. A tipologia dos resíduos foi identificada através da observação visual dos resíduos e código LER referido na respectiva guia de transporte.	Regular/diária
Quantidades dos resíduos (volumes e peso)	Preenchimento de fichas de monitorização durante a recepção dos resíduos. Foi registado o volume médio, estimado com base no volume dos recipientes de transporte. O peso foi obtido através da pesagem dos resíduos na balança de pesagem existente na Unidade Piloto.	Regular/diária
Grau de contaminação (%)	Realização de ensaios por parte da equipa do projecto, com o objectivo de caracterizar os contaminantes existentes numa amostra de resíduos com peso e volume conhecido, de acordo com a metodologia descrita no ponto 4.6.2.	10 ensaios até ao final do projecto, distribuídos pelos diferentes meses de operação.
2. Caracterização do funcionamento do sistema de reciclagem		
Parâmetros	Forma de registo/determinação	Periodicidade
Tempos e capacidade de reciclagem	Preenchimento de uma ficha de monitorização do equipamento, com indicação do tempo de funcionamento e quantidades de RCD reciclados.	Sempre que o equipamento funcionar
Produção de poeiras	Observação regular	Regular sempre que o equipamento funcione
	Ensaio e determinação em laboratório externo, de acordo com a metodologia referida no 4.4.2.	Um ensaio. Não se registam valores acima ou próximos dos limites permitidos por lei.
Ruído	Ensaio e determinação do ruído por empresa externa, de acordo com metodologia descrita no 4.4.2.	Um ensaio. Não foi repetido porque se considerou não ser necessário face aos resultados do 1.º ensaio
Eficiência do separador electromagnético	Ensaio realizado pela equipa do projecto, de acordo com as metodologias descritas no ponto 4.4.2	10 ensaios, durante o período do projecto, distribuídos pelos diferentes meses de operação.
Eficiência dos crivos	Ensaio realizado pela equipa do projecto, de acordo com as metodologias descritas no ponto 4.4.2.	10 ensaios, durante o projecto distribuídos pelos diferentes meses de operação.
Problemas de funcionamento e necessidades de melhoramentos	Observação regular e registo dos problemas verificados em fichas de monitorização.	Regular/diário
Consumos de água e gás	Registo em fichas de monitorização das datas e litros de água e gás com que foi abastecido o equipamento, bem como das horas de funcionamento do equipamento.	Regular, sempre que o equipamento foi abastecido e colocado em funcionamento
3. Caracterização do funcionamento da retro-escavadora		
Parâmetros	Forma de registo/determinação	Periodicidade
Tempos de trabalho	Registos em fichas de monitorização específicas para este equipamento.	Regular, sempre que o equipamento funcionou
Problemas de operação		
Consumos de gás		

Tabela 4.2 – Plano de Monitorização da Unidade Piloto (continuação)

4. Caracterização dos resíduos produzidos		
Componentes	Forma de registo/determinação	Periodicidade
Diferentes tipologias de resíduos	Registo das quantidades (peso e volume) e tipologias em fichas de monitorização específicas. Volume estimado com base no volume dos contentores de armazenamento. Peso determinado na báscula de pesagem.	Sempre que saíram resíduos da Unidade Piloto para destino adequado.
5. Caracterização dos custos de operação e manutenção		
Componentes	Forma de registo/determinação	Periodicidade
Electricidade (báscula, iluminação da portaria, esquentador, bomba do sistema de esgotos)	Registos obtidos através da leitura do contador respectivo e valores referidos na factura mensal da empresa fornecedora (EDP)	Mensal
Água (rega, minimização de poeiras, sanitários, lavagem de equipamento)	Registo obtidos através da leitura do respectivo contador	Diária
Gasóleo	Registos regulares dos litros de gasóleo utilizados, bem como das horas de funcionamento (preenchimento de fichas de monitorização específicas).	Sempre que se abasteceu os equipamentos
6. Necessidades de melhoramentos nas diferentes infra-estruturas instaladas		
Componentes	Forma de registo/determinação	Periodicidade
Báscula	Observação regular e registo regular em fichas de monitorização específicas.	Sempre que verificados problemas
Zonas de circulação		
Zonas de armazenamento		
Sistema de abastecimento de água		
Sistema de esgotos		
Vedações e acessos		
Sistemas de sinalização e segurança		
7. Caracterização dos agregados reciclados obtidos		
Componentes	Forma de registo/determinação	Periodicidade
Quantidades e tipologias	Registo de pesos e volumes em fichas de monitorização específicas.	Regular
Qualidade dos produtos obtidos, tendo em conta as utilizações previstas	Ensaio em laboratório, a adjudicar a entidade externa.	1 a 2 vezes durante o projecto, dependendo dos parametros analisados
Presença de contaminantes	Através de ensaios realizados em laboratório, no âmbito de um mestrado na área da gestão dos RCD que a autarquia se encontra a apoiar.	4 ensaios para cada uma das granulometrias, durante o projecto.

- Ficha diária do Funcionamento da Unidade Piloto, com registo de Entrada e Saídas, consumos gerais de água e electricidade e registo de problemas (figura 4.16)
- Ficha de Registo do funcionamento do equipamento de reciclagem (figura 4.17)
- Ficha de Registo do Funcionamento da retro-escavadora (figura 4.18)

[illegible]

MONTEMOR O NOVO cidade municipal



	MONTEMOR/O/NOVO câmara municipal	
	FICHA DIÁRIA DO EQUIPAMENTO DE RECICLAGEM	Data: ____/____/____
Reciclagem	produção de tout-venant: ____ tempo (h) ____ quant. entulhos (m3) produção de brita: ____ tempo (h) ____ quant. entulhos (m3) betão ____ cerâmicas ____ tijolos ____ misturas ____	
Lubrific.	motor crivos: ____ motor dos tapetes: ____ motor do britador: ____ tempo serviço: ____ h	
	Limpeza britador: ____ crivos: ____ tempo serviço: ____ h	
Abastec. gasóleo	horas equip: ____ litros: ____	
Abastec. água	horas equip: ____ litros: ____	
Sistema	equipamento ____ poeiras extra ____	
Outros	_____ _____ _____ _____	
 Projecto REAGIR (LIFE03ENV/P/000506) O funcionário: _____		

Figura 4.17 – Ficha Diária de Monitorização do Equipamento de Reciclagem

	MONTEMOR/O/NOVO câmara municipal	
	FICHA DIÁRIA DA RETRO-ESCAVADORA	Data: ____/____/____
Operação realizada:	reciclagem: ____ min manuseamento de resíduos: ____ min manutenção de pavimentos: ____ min manuseamento de agregados: ____ min abertura de valas: ____ min outros: ____ min	
	Descrição: _____	
Abastec. gasóleo	horas equip: ____ litros: ____	
Outros	_____ _____ _____ _____	
 Projecto REAGIR (LIFE03ENV/P/000506) O funcionário: _____		

Figura 4.18 – Ficha Diária de Monitorização da Retro-escavadora

De forma a completar os dados recolhidos através do preenchimento das fichas acima referidas, foram realizados os ensaios referidos no plano de monitorização (tabela 4.2), de acordo com as seguintes metodologias:

a) Determinação do grau de contaminação dos resíduos

Como a Unidade Piloto não integrou um sistema de triagem mecânica a montante da reciclagem, tentou-se definir uma metodologia que nos permitisse dar uma ideia tão precisa quanto possível do grau de contaminação dos resíduos recebidos.

Inicialmente tentou-se definir uma metodologia que permitisse determinar este parâmetro, antes de introduzir o material no britador. No entanto, como os RCD apresentavam uma baixa contaminação era necessário proceder à análise de um elevado volume de amostra para se obterem resultados representativos. A análise desses elevados volumes de resíduos, com fracções de diferentes dimensões, revelou-se impraticável.

Assim, optou-se por introduzir uma amostra de RCD (com volumes e pesos conhecidos) no britador, tendo-se determinado a quantidade de metais removida no separador electromagnético e a quantidade de fracções não inertes que é separada na grelha do sistema de crivagem de maiores dimensões (31-22 mm). A estas fracções não inertes poderíamos ainda juntar algumas quantidades de materiais não inertes de menores dimensões que passam no primeiro crivo e que acabam por ficar misturadas com os agregados reciclados. No entanto, considerou-se que essas quantidades seriam mínimas, pelo que foram desprezadas no âmbito destes ensaios. Já no final do projecto, surgiu a oportunidade de analisar em laboratório a percentagem de contaminação nos agregados reciclados no âmbito de um mestrado que a CMMN aceitou apoiar, o que poderá complementar estes resultados.

De seguida apresenta-se uma descrição dos procedimentos adoptados:

- i. Os RCD provenientes de uma mesma obra foram armazenados em pilhas separadas. Sendo registado o volume e o peso total dos RCD armazenados, bem como a tipologia da obra em causa e aspecto geral dos resíduos.
- ii. Após um determinado período de armazenamento, procedeu-se à remoção manual de fracções não inertes de maiores dimensões existentes à superfície da pilha de resíduos, as quais foram separadas por tipologia de material não inerte (figura 4.19).



Figura 4.19 – Triagem manual dos materiais não inertes de maiores dimensões, previamente à sua reciclagem.

- iv. Posteriormente, os RCD provenientes da mesma obra, foram britados. Durante a britagem procedeu-se à recolha das fracções metálicas removidas, bem como a remoção manual das fracções não inertes que passavam na grelha do crivo e tapete que permitia a separação dos fracções superiores a 31 mm (figura 4.21).



Figura 4.20 – Triagem manual das fracções não inerte no primeiro tapete do sistema de crivagem (material > 31 mm).

vi. No final da britagem, os diferentes materiais não inertes (removidos manualmente antes da britagem, no separador electromagnético e no tapete) foram separados e colocados em recipientes (balde de plástico com o mesmo volumes), de acordo com as tipologias:

- plásticos mistos (tubos, filme, restos de embalagens, fitas, rede de sombra, tomadas....)
- metais (arames, cabos, fechaduras, rálos, tubos, torneiras, dobradiças, pregos...)
- resíduos indiferenciados (papel e cartão sujos, têxteis, borrachas, esponjas, fios eléctricos, cortiça, esferovite, luvas....)
- madeiras (tábuas, contraplacado, tacos, troncos...)

vii. De seguida os resíduos foram pesados numa balança, sendo registados os respectivos volumes e pesos (figura 4.21).

ix. Os resultados obtidos foram tratados de forma a calcular as percentagens de contaminantes presentes em cada amostra, aplicando as seguintes fórmulas:

$$\% \text{ de contaminantes (em peso)} = \frac{\text{Peso total de contaminantes}}{\text{Peso total da amostra}} \times 100$$

$$\% \text{ de contaminantes (em volume)} = \frac{\text{Volume total de contaminantes}}{\text{Volume total da amostra}} \times 100$$

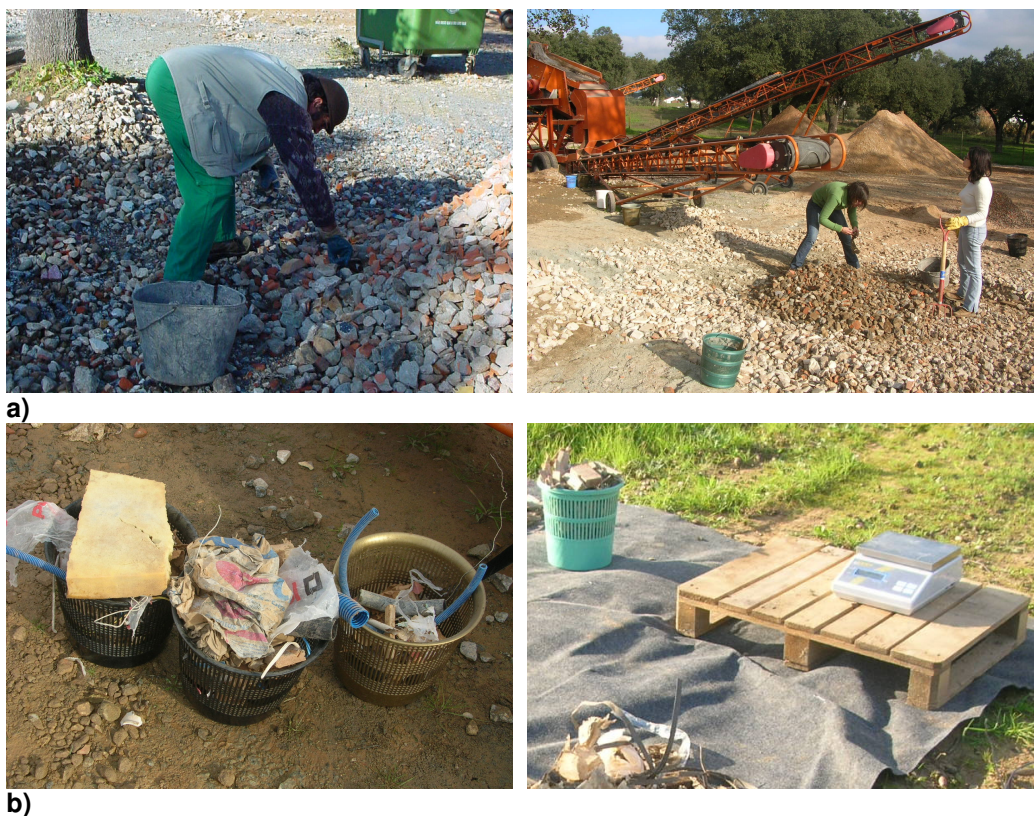


Figura 4.21– Observação do material crivado que saí no primeiro tapete do primeiro crivo, no sentido de remover eventuais contaminantes ainda presentes (a). As diferentes tipologias dos resíduos não inertes, foram colocadas dentro de recipiente idênticos, sendo posteriormente pesadas (b)

Este procedimento foi seguido para seis amostras diferentes de RCD. Posteriormente foram realizados mais alguns ensaios. No entanto, aos RCD britados já não se encontravam divididos por obra. Ou seja foram britados RCD provenientes de diferentes obras armazenados numa mesma pilha, durante um determinado período de tempo. Considerou-se que desta forma, os resultados de contaminação seriam mais representativos. Os resultados destes ensaios e respectiva análise, encontram-se sintetizados no capítulo 5 deste relatório.

b) Determinação da eficiência do separador electromagnético

No sentido de caracterizar quantitativamente a eficiência do separador electromagnético, foram realizados ensaios de acordo com a seguinte metodologia:

- Após reciclagem de uma amostra de RCD foram registados os pesos e volumes das fracções metálicas removidas no separador electromagnético e no primeiro tapete do sistema de crivagem.
- Após pesagem e registo do volume dos metais separados, calcularam-se as eficiências de remoção de metais (E_r) através da fórmula: $E_r = \frac{M_s}{(M_s + M_t)} \cdot 100$, onde M_s são os resíduos

metálicos removidos pelo separador electromagnético e Mt são os resíduos metálicos separados manualmente no tapete.

Estes cálculos assumem que, caso existam alguns metais que não fiquem retidos no separador ou na primeira grelha dos crivos, essas quantidades são mínimas, pelo que podem ser desprezadas. Os resultados obtidos nos ensaios realizados são apresentados no capítulo 5 deste relatório.

c) Determinação do índice de produção de agregados reciclados por tipologia de brita

Pretendia-se determinar a percentagem relativa de cada agregado reciclado (conforme as diferentes granulometrias produzidas) quando se procede à reciclagem de terminada amostra de RCD. A realização destes ensaios implica o preenchimento de uma ficha de monitorização (figura 4.22), de acordo com os seguintes procedimentos:

1. Registo do peso e do volume dos RCD britados
2. Registo do peso e volume final de cada agregado reciclado obtido.
3. Determinação da percentagem relativa de cada agregado reciclado.

Os resultados obtidos nos ensaios realizados são apresentados no capítulo 5 deste relatório.



UNIDADE PILOTO DE RECICLAGEM DE ENTULHO

FICHA DE MONITORIZAÇÃO

DATA: _____

1. DESCRIÇÃO DOS RESÍDUOS

Tipologia:	Origem:	
Cor:	Dimensões:	Presença de ferro:
Volume:	Peso:	

2. INÍCIO DO PROCESSO

Hora de início:
Tempo de preparação do equipamento:
Água:
Gasóleo:

3. DURANTE O PROCESSO

N.º de pás da retro introduzidas:								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27
Volume por pá da retro:					Presença de poeira:			

Paragens:

hora	Motivos	Resolução do problema	Início

4. FIM DO PROCESSO

Hora:	Nível do gasóleo:
Tempo de manutenção:	Nível da água:

5. DESCRIÇÃO DOS AGREGADOS PRODUZIDOS

Tipo	0-4	4-8	8-12	12-24	24-32	>32
volume						
peso						

OBSERVAÇÕES:

--

Figura 4.22 – Ficha de monitorização para registo de produção de britas durante a reciclagem

d) Exposição dos trabalhadores ao ruído e a agentes químicos

O Sistema de Reciclagem instalado resulta da combinação de diferentes equipamentos, pelo que se considerou importante, no âmbito da Higiene e Saúde Industrial, avaliar a exposição diária do trabalhador ao ruído a agentes químicos, de acordo com a legislação em vigor.

- *Avaliação da exposição ao ruído*

Ao abrigo do Decreto-Lei nº 182/2006 de 6 de Setembro, a 9 de Março de 2007, foram realizadas pela Segurévora – Prevenção, Higiene e Segurança do Alentejo, Lda, medições na Unidade Piloto, nomeadamente na britadeira e crivo e durante a movimentação da retro-escavadora.

A medições foram realizadas pela empresa no dia 09/03/2007 (figura 4.23-a) . A metodologia e análise dos valores teve por base, o decreto-lei atrás referido. Os resultados, conclusões e recomendações encontram-se descritas no “Relatório de Avaliação da Exposição do Pessoal ao Ruído” (Doc.6, em anexo).

Em termos gerais estes ensaios permitiram verificar que, embora os valores medidos junto ao britador se encontrem acima dos valores limites de exposição, como esta não é uma actividade regular, tendo um funcionamento inconstante e muito diverso no tempo e nos materiais a britar, considera-se que não existem problemas para os trabalhadores. No entanto, durante o funcionamento estes deverão estar equipados com protectores adequados às frequências estudadas. Nesse sentido, o relatório apresenta uma série de recomendações referentes ao tipo de equipamento de protecção e cuidados a ter em conta, as quais foram consideradas durante o projecto.

Este relatório deverá ser actualizado caso se verifiquem alterações significativa ao funcionamento (criação/modificação de postos de trabalho, introdução de novos equipamento, aumento da frequência de trabalho ou se verifiquem problemas no estado de saúde do trabalhadores).

- *Avaliação da exposição ocupacional a agentes químicos/ensaios às poeiras*

A avaliação da exposição ocupacional a agentes químicos foi realizada pelo ISQ, nomeadamente pelo Centro de Segurança ISQ/Industria. As medições foram realizadas a 29 de Maio de 2007, tendo sido elaborado um relatório com a data de emissão 2 de Julho de 2007 (Doc.7, em anexo).

Os trabalhos consistiram em avaliação das poeiras respiráveis, poeiras totais, sílica cristalina e fibras, cujas análises laboratoriais foram realizadas por laboratórios que estão de acordo com os métodos analíticos Nacional Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) e Occupational Safety and Health Administration (OSHA).

O relatório permitiu concluir que os valores para todos os parâmetros analisados se encontram abaixo do nível de acção, não indiciando risco para a saúde dos operadores da Unidade Piloto.

Os ensaios foram realizadas numa altura em os RCD se encontravam secos, de forma a assegurar que os ensaios eram representativos dos cenários mais desfavoráveis (figura 4.23-b).

Os RCD britados durante os ensaios foram sendo armazenados ao longo 6 meses e resultam de várias misturas de RCD provenientes de diferentes obras.

Este procedimento foi seguido de forma a assegurar que os RCD britados durante os ensaios fossem tão representativos quanto possível, das situações a que a funcionários estão sujeitos ao longo do tempo.



Figura 4.23 – Avaliação dos níveis de ruído (a) e da exposição ocupacional a agentes químicos (b)

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. Caracterização do RCD recebidos na Unidade Piloto

5.1.2. Quantidades recebidas

Na tabela 5.1 apresentam-se as quantidades recebidas ao longo dos meses para cada uma das tipologias de resíduos que podiam ser recebidas na Unidade Piloto.

Tabela 5.1 – Quantidades e Tipologias dos resíduos recebidos (período de Abril a Dezembro de 2006)

Mês	Quantidade (toneladas)					Total	Operação efectuada no local (1)
	Código LER	Código LER	Código LER	Código LER	Código LER		
	170101	170102	170103	170107			
Abr-06	0,33	0,00	1,48	15,18	0,00	16,99	R13
Mai-06	27,24	0,00	73,60	154,82	0,00	255,66	R13
Jun-06	23,82	0,00	78,62	160,00	0,00	262,44	R13 - R5
Jul-06	56,92	25,84	82,12	57,68	0,00	222,56	R13 - R5
Ago-06	10,62	59,48	79,14	81,33	0,00	230,57	R13 - R5
Set-06	227,52	1,22	206,80	42,31	0,00	477,85	R13 - R5
Out-06	154,56	20,82	143,36	44,82	0,00	363,56	R13 - R5
Nov-06	135,18	0,00	3,30	27,82	0,00	166,30	R13 - R5
Dez-06	42,28	0,00	320,70	39,20	0,00	402,18	R13 - R5
Jan-07	35,34	24,72	107,74	125,13	0,00	292,93	R13 - R5
Fev-07	22,32	0,00	25,96	13,32	0,00	61,60	R13 - R5
Mar-07	125,98	0,00	0,62	102,75	0,00	229,35	R13 - R5
Abr-07	82,70	0,00	21,98	52,65	0,00	157,34	R13 - R5
Mai-07	130,46	27,44	0,00	69,42	0,00	227,32	R13 - R5
Jun-07	128,14	7,80	0,00	130,63	57,78	324,35	R13 - R5
Jul-07	62,62	1,88	17,80	170,32	32,90	285,52	R13 - R5
TOTAL	1266,03	169,20	1163,22	1287,38	90,68	3976,52	-

(1) R13 – operação de armazenamento; R5 – operação de reciclagem

A análise dos dados sintetizados nessa tabela, permite verificar que:

- Foi recebido um total de 3976 toneladas de resíduos em 16 meses, o que implica uma média mensal de 249 ton/mês, 2982 ton/ano ou 160 kg/hab/ano.
- No entanto, estima-se que os índices reais de produção de RCD, possam ser inferiores aos referidos no ponto anterior, visto que no seu cálculo foram consideradas quantidades significativas de resíduos produzidos antes de Abril de 2006 em fábricas do concelho (cerca de 800 toneladas), que vinham sendo objecto de armazenamento no local de produção. Se não considerarmos os resíduos acima referidos (800 ton), os índices de produção reduzem para 128 kg/hab/ano, 2382 ton/ano ou 198,5 ton/mês.
- Os índices de produção de RCD são cerca de 1/3 inferiores aos esperados no início do projecto (onde se estimava uma produção de aproximadamente 7900 ton/ano; 658

ton/mês ou 424 kg/hab/ano). Estas diferenças, no índice de produção de RCD, resultam da diminuição do número de obras realizadas no concelho durante o período a que reporta este relatório, mas poderão também estar associadas a uma estimativa por excesso dos RCD produzidos no início do projecto. De facto, não existindo dados sobre a produção de RCD, o índice de produção foi estimado com base em inquéritos aos produtores destes resíduos na área do concelho, nos quais se sentiu alguma dificuldade, por partes dos mesmo, na identificação/estimativa dos RCD produzidos.

- Em termos gerais (figura 5.1.a), e considerando as diferentes origens dos resíduos (obras e fábricas de materiais de construção) foram recolhidas quantidades muito semelhantes de betão (33%), cerâmicos e telhas (29%) e misturas (32%). Os resíduos menos significativos correspondem ao Código LER 170102 (tijolos) que representam 4 % do total de resíduos recebidos, bem como a pedras naturais resultantes de fábricas locais (2%)

- Se considerarmos apenas os RCD provenientes de obras (figura 5.1.b) verifica-se que a maior percentagem corresponde a misturas (52%), seguida do betão (29%), cerâmicas e telhas (12%) e tijolos (7%).

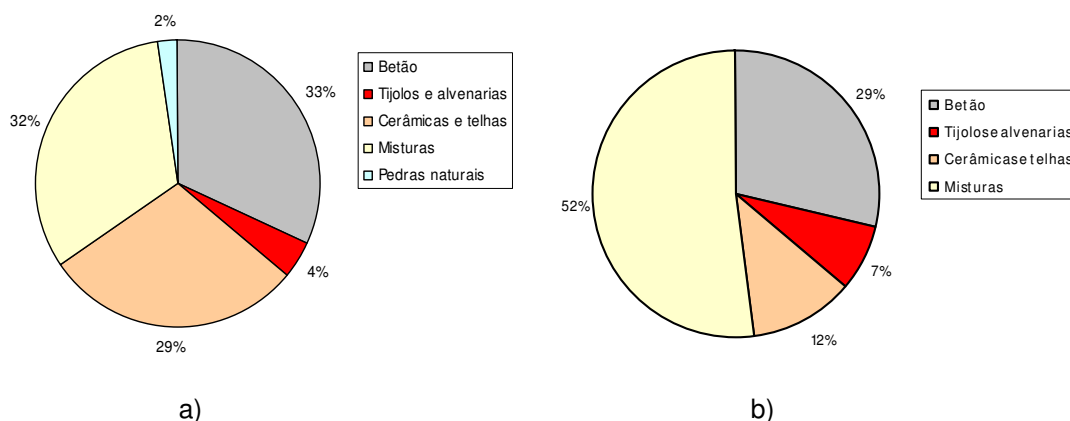


Figura 5.1 – Composição relativa dos RCD recebidos na Unidade Piloto: em termos globais (a) e considerando apenas os RCD provenientes de obras (b).

5.1.2. Origem dos resíduos

A Unidade Piloto foi construída com o objectivo de reciclar as fracções inertes dos resíduos provenientes de obras realizadas no concelho. No entanto, a operação da Unidade permitiu verificar que o número de obras realizadas a nível local reduziu, consideravelmente, nos últimos anos, o que implicou uma redução nas quantidades de resíduos produzidas e encaminhadas para a Unidade Piloto.

No sentido de aumentar o volume de resíduos recebido na Unidade Piloto, promoveu-se a recepção/recolha noutras locais de produção. Desta forma podem distinguir-se 3 origens diferentes para os resíduos recebidos na Unidade Piloto:

a) RCD inertes provenientes de obras: A maioria dos resíduos recebidos (58%) é proveniente de obras realizadas na área do concelho. No sentido de alargar a área de influência do projecto, considerou-se a hipótese de receber resíduos produzidos em obras realizadas noutros concelhos. Esta hipótese foi considerada na sequência de diversos contactos de outros municípios interessados em transportar RCD para a Unidade Piloto e após se ter verificado que a Unidade Piloto teria capacidade para receber e processar os mesmos. Esta situação foi previamente comunicada à Comissão Europeia que concordou com esta alteração ao projecto. Nesse sentido, foram estabelecidos contactos no final de 2006, com os municípios interessados, de forma a definir as condições em que iria ocorrer essa recepção. No entanto, até ao final do projecto, apenas foi recebida uma carga de RCD proveniente do concelho de Arraiolos (com cerca de 10 ton).

b) Fábricas de materiais de construção existentes no concelho. Existem 7 fábricas de materiais de construção e transformação de mármore no concelho. Estas produzem restos de materiais muito semelhantes aos RCD, pelo que foi efectuada uma campanha de informação e sensibilização junto das mesmas. Inicialmente apenas 2 empresas mostraram interesse. No sentido de promover a adesão ao sistema foram enviados ofícios por correio e realizadas visitas às mesmas. Na sequência destes contactos, aderiram ao sistema 6 empresas, o que implicou uma taxa de participação de 86%. A empresa que não aderiu era de transformação de mármore e ficou de contactar caso viesse a necessitar da recolha. Uma das empresas que aderiu é a fabrica do parceiro RTS (empresa de pré-fabricados de betão), onde foram recolhidos os restos de betão resultantes do seu processo de fabrico desde o início do funcionamento da Unidade Piloto. Estes resíduos foram classificados com o Código LER 170101. Na 2.ª fabrica de materiais de construção foram recolhidos restos de mosaicos (partidos ou com imperfeições) que a empresa tinha em armazém há já algum tempo, o que implicou a recolha de quantidades significativas de restos de materiais cerâmicos (código ler 170103). Nas restantes fábricas (transformação de mármore e outras pedras naturais) foram recolhidos restos de pedras naturais. Desta forma, e em termos globais, as recolhas efectuadas nas fábricas de materiais de construção revelaram-se significativas (1610 toneladas). Uma destas empresas chegou a mostrar interesse na aquisição futura de equipamento próprio de reciclagem, que permitisse aproveitar os seus resíduos, criando para isso uma nova linha de produtos fabricados com os agregados obtidos.

c) Depósitos ilegais de RCD inertes. Existem alguns depósitos ilegais de RCD identificados no âmbito deste projecto. Alguns destes depósitos são essencialmente compostos pela fracção inerte dos RCD, pelo que se considerou que poderiam ser recolhidos e enviados para reciclagem, com a vantagem de promover a limpeza do local e reaproveitar os materiais. No entanto, tendo em conta que a origem destes resíduos seria desconhecida e de forma a reduzir os riscos de contaminação, definiu-se que apenas seriam objecto de recolha os depósitos de RCD inertes de pequenas dimensões, detectados recentemente e que não apresentassem quaisquer vestígios de resíduos perigosos. Após análise, no local, dos depósitos ilegais de RCD identificados, verificou-se que poucos respeitavam as características acima referidas.

Desta forma, apenas foram recolhidas 61 ton de resíduos provenientes de 6 depósitos ilegais. Estas recolhas foram efectuadas nos meses de Abril, Maio, Agosto e Setembro e 2006, a título experimental, tendo-se concluído que o tempo dispendido na fiscalização dos resíduos durante a limpeza dos depósitos, não compensava o seu encaminhamento para a Unidade de Reciclagem.

Em conclusão e tendo em conta as diferentes origens possíveis dos resíduos recebidos na Unidade Piloto, verifica-se que (figura 5.2):

- 58 % resultam de obras de construção realizadas no concelho;
- 41 % tiveram origem em fabricas de materiais de construção com sede no concelho;
- 1% foram recuperados em depósitos ilegais de RCD inertes;
- as quantidades recebidas de outros concelhos (cerca de 10 ton) foram insignificantes em termos globais

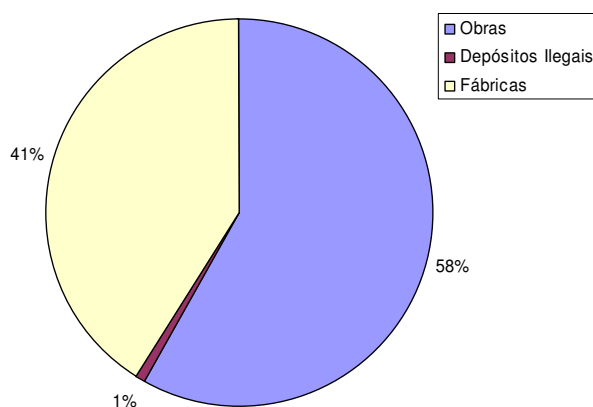


Figura 5.2 – Origem dos RCD recebidos na Unidade Piloto.

5.1.3. Grau de contaminação dos resíduos recebidos

Os resíduos recebidos na Unidade Piloto foram obrigatoriamente objecto de prévia separação na origem, de forma a não incluírem resíduos não inertes (madeiras, vidros, plásticos, embalagens diversas, cartões, etc). No entanto, considerou-se importante controlar e tentar caracterizar a percentagem e tipologia de contaminantes eventualmente presentes, de forma a testar a necessidade de introduzir operações de triagem mais eficazes que as previstas actualmente (triagem manual das fracções mais grosseiras, triagem magnética das fracções metálicas e triagem completar no primeiro tapete do sistema de crivagem). No período em causa, foi apenas rejeitada uma carga de resíduos (cerca de 5 m3), proveniente de uma obra realizada no concelho (figura 5.3). A carga foi rejeitada porque apresentava diversos materiais não inertes, como latas de tinta, restos de embalagens diversas e sacos com lixo orgânico, sendo impossível garantir a sua remoção manual ou que as fracções inertes não tinham ficado contaminadas com resíduos perigosos.



Figura 5.3 – Exemplo de carga de resíduos que foi rejeitada, devido à presença de RCD não inertes.

No sentido de caracterizar o grau de contaminação dos RCD recebidos foi prevista a realização de ensaios de acordo com a metodologia definida no ponto 4.6.2, deste documento. As características das amostras ensaiadas estão sintetizadas na tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Descrição das amostras objecto de análise (determinação dos contaminantes)

Data	Nº	Identificação	Comentários	Peso (kg)	Volume (m3)
Nov.06	Amostra 1	Demolição e remodelação de edifício	Mistura de RCD aparentemente sem betão armado. Fácil observação de fracções não inertes não perigosas, de pequenas dimensões e médias dimensões. A separação na origem poderia ter sido mais eficaz.	11460	9
Nov.06	Amostra 2	Conservação de moradia	Mistura de RCD aparentemente sem betão armado. Difícil observação de fracções não inertes. Boa separação na origem.	10110	10
Nov.06	Amostra 3	Demolição e remodelação de malhada	Mistura de RCD aparentemente sem betão armado. Difícil observação de fracções não inertes. Boa separação na origem	24720	20
Nov.06	Amostra 4	Demolição e remodelação de edifício	Mistura de RCD aparentemente sem betão armado. Difícil observação de fracções não inertes. Boa separação na origem.	20220	20
Nov.06	Amostra 5	Demolição e remodelação de malhada	Mistura de RCD aparentemente sem betão armado. Alguma observação de fracções não inertes. Média separação na origem	11560	10
Nov.06	Amostra 6	Demolição e remodelação de antiga cadeia	Mistura de RCD aparentemente sem betão armado. Fácil observação de fracções não inertes não perigosas, de pequenas dimensões e médias dimensões. A separação na origem poderia ter sido mais eficaz.	36700	30
Mar.07	Amostra 7	Mistura de Várias Obras (recolha de Bigbags)	misturas de vermelhos, aparentemente pouco contaminado	50560	32
Mai.07	Amostra 8	Obras do concelho de Arraiolos	misturas de vermelhos, aparentemente pouco contaminado	10420	12
Mai.07	Amostra 9	Ampliação e remodelação	misturas de vermelhos, aparentemente pouco contaminado	6900	3,5
Mai.07	Amostra 10	Mistura de Várias Obras (recolha de Bigbags)	misturas aparentemente pouco contaminados	48000	40
Jun.07	Amostra 12	Mistura de Várias Obras (recolha de Bigbags)	telhas, tijolos e materiais cerâmicos	58140	51
Jun.07	Amostra 13	Restos de Betão RTS	Visualização de alguns contaminantes contrariamente ao esperado	38310	24

Nota: A amostra 1 e 4, bem como as amostras 3 e 5, correspondem à mesma obra, embora tenham sido recolhidas em semanas diferentes

Na figura 5.4. apresentam-se alguns exemplos dos materiais inertes (contaminantes) removidos no âmbito destes ensaios. Na tabela 5.3 encontram-se registados as percentagens de cada contaminante determinadas para as diferentes amostras.

Tabela 5.3 – Percentagem de contaminantes em amostras de resíduos inertes

	Madeira		Plásticos mistos		Metais ferrosos		Indiferenciados		Total por obra (%)	
	Peso	Volume	Peso	Volume	Peso	Volume	Peso	Volume	Peso	Volume
Amostra 1	0,116	0,396	0,024	0,417	0,061	0,167	0,020	0,271	0,221	1,250
Amostra 2	0,037	0,150	0,007	0,150	0,011	0,038	0,015	0,225	0,071	0,563
Amostra 3	0,021	0,103	0,009	0,150	0,023	0,075	0,003	0,028	0,056	0,356
Amostra 4	0,008	0,075	0,001	0,028	0,017	0,057	0,002	0,075	0,028	0,235
Amostra 5	0,045	0,450	0,010	0,225	0,074	0,300	0,002	0,056	0,131	1,031
Amostra 6	0,100	0,825	0,021	0,438	0,087	0,300	0,025	0,250	0,234	1,813
Amostra 7	0,043	0,305	0,010	0,135	0,003	0,035	0,016	0,117	0,072	0,592
Amostra 8	0,050	0,188	0,012	0,125	0,104	0,625	0,008	0,094	0,174	1,031
Amostra 9	0,065	0,643	0,009	0,321	0,031	0,375	0,015	0,643	0,120	1,982
Amostra 10	0,038	0,176	0,006	0,075	0,030	0,100	0,016	0,125	0,091	0,476
Amostra 12	0,030	0,137	0,003	0,040	0,030	0,132	0,029	0,120	0,091	0,428
Amostra 13	0,065	0,303	0,006	0,133	0,133	0,603	0,007	0,012	0,211	1,052
Total das amostras analisadas	0,048	0,281	0,009	0,151	0,047	0,198	0,016	0,127	0,120	0,756

Os dados obtidos permitem concluir que:

- os resíduos recebidos na unidade piloto apresentam, em média, uma percentagem de contaminantes total de 0,12 % (se considerarmos o peso) ou de 0,76 % (se considerarmos o volume dos mesmos);
- o contaminante mais representativo, em peso, é a madeira (0,048%), seguida dos metais(0,05%), resíduos indiferenciados (0,02%) e dos dos plásticos (0,01%).
- se considerarmos o volume dos resíduos, o contaminante mais representativo continua a ser a madeira (0,28%), seguida dos metais (0,20%), da fracção dos indiferenciados (0,13%) e dos plásticos (0,15%)
- a percentagem de contaminantes reduziu significativamente, se compararmos as amostras 1 e 4 (provenientes da mesma obra, mas em semanas diferentes). Considera-se que esta redução está associada a um maior cuidado na separação dos resíduos em obra, pois após a primeira amostragem foi solicitado ao responsável que promovesse uma maior separação dos resíduos. A redução dos contaminantes presentes na amostra poderia estar associada a uma menor produção de resíduos não inertes. No entanto, considera-se que isso não está em causa, já que os trabalhos em

curso na obra foram idênticos nas duas semanas de amostragem, logo os resíduos gerados seriam, à partida, semelhantes.

- O índice de contaminação calculado apresentou-se reduzido ou muito reduzido, principalmente se não tivermos em conta as fracções metálicas (maioritariamente removidas no separador magnético). Face aos dados obtidos, considera-se que se pode apontar para uma índice de contaminação de 0,1 % (em termos de peso) e de 0,5 % (em termos de volume). No entanto, estes valores devem ser analisados tendo presente que não correspondem ao total de contaminantes, visto que alguns materiais não inertes de menores dimensões podem não ter sido removidos, ficando misturados com os agregados reciclados.



Figura 5.4 – Exemplos de resíduos não inertes presentes nos RCD objecto de amostragem.

5.2. Funcionamento do equipamento de reciclagem

5.2.1 Tempo de funcionamento

O equipamento de reciclagem não é utilizado todos os dias de forma continua. A operação de reciclagem é realizada quando existem quantidades de resíduos armazenadas que o justifiquem ou quando se pretende promover a realização de ensaios.

Entre Abril e Maio de 2006 não se procedeu à reciclagem de RCD. A partir de Junho de 2007 deu-se início à operação de reciclagem propriamente dita. Desde essa altura o equipamento de reciclagem foi utilizado, em média, dois a três dias por semana, sendo que nestes dias funcionava cerca de 5 horas/dia (3 horas de manhã e 2 horas de tarde), o que corresponde ao máximo período de funcionamento que se pode conseguir num dia e trabalho. O restante tempo de serviço, corresponde ao tempo necessário para desligar o equipamento, realizar todos os procedimentos de segurança, efectuar os registos necessários e encerrar a Unidade Piloto.

No global o equipamento de reciclagem funcionou durante um total de 1147 horas, desde que foi instalado na Unidade Piloto, sendo que:

- 96 horas foram referentes a acções de formação e experimentação do equipamento após montagem do mesmo no local;
- 100 horas foram referentes a períodos em que o equipamentos esteve a trabalhar para produzir energia eléctrica para alimentar a báscula de pesagem (visto que a unidade piloto começou a funcionar antes de ser instalada a energia eléctrica, sendo esta a única forma de alimentar a báscula e conseguir pesar os resíduos que são recebidos).
- 951 h de ensaios, produção agregados e demonstração em visitas

Tabela 5.4 – Horas de funcionamento do sistema de reciclagem/consumos de gasóleo

MÊS	Horas trabalho REAGIR	Litros de gasóleo	Consumos médio mensais (l/h)
Abril	36	240	6,67
Maio	70	470	6,71
Junho	90	600	6,67
Julho	90	600	6,67
Agosto	65	440	6,77
Setembro	60	400	6,67
Outubro	93	630	6,77
Novembro	70	480	6,86
Dezembro	50	330	6,60
Jan-07	70	480	6,86
Fev-07	75	500	6,67
Mar-07	80	550	6,88
Abr-07	75	520	6,93
Mai-07	80	520	6,50
Jun-07	68	450	6,62
Jul-07	75	490	6,53
Total	1147	7700	6,71

5.2.2. Capacidade média do equipamento de reciclagem (ton resíduos/hora)

De acordo com os fornecedores do equipamento, este apresenta uma capacidade de reciclagem 50 a 80 toneladas de resíduos por hora. No entanto, durante o período de monitorização em causa o equipamento nunca atingiu estas capacidades de produção, porque a forma de alimentação do britador (através de retro-escavadora) não permite alimentar o equipamento em contínuo.

De facto, o tempo de transporte dos resíduos desde a zona de armazenamento até à tolva de alimentação do britador, é superior ao tempo que o equipamento demora a triturar os resíduos. Nesse intervalo de tempo, o equipamento de britagem funciona em vazio (sem resíduos), o que implica uma redução na quantidade de resíduos reciclada por hora.

Se considerarmos o peso total dos RCD reciclados durante o projecto (3976 ton), bem como o tempo total de reciclagem (901 horas), estima-se uma capacidade de produção de 4,1 ton/hora. No entanto, a capacidade real de reciclagem da Unidade Piloto instalada é superior ao valor acima referido, visto que algumas das horas atrás referidas não correspondem a horas efectivas de reciclagem de material. Ou seja, por vezes, existem situações em que o equipamento não é alimentado com a celeridade desejada. Isto acontece, por exemplo, quando se procede à realização de ensaios (que implicam paragens para registo de dados) ou quando se realizam visitas guiadas à Unidade (onde, por vezes é necessário parar a alimentação do britador mantendo-se o equipamento a funcionar, de forma a explicar o seu funcionamento).

No sentido de caracterizar as eficiências de produção do equipamento instalado, tendo em conta o esquema de operação utilizado, foram realizados diferentes ensaios de britagem em que se contabilizou a quantidade (volume e peso) dos resíduos reciclados e o tempo total de reciclagem, durante períodos contínuos de funcionamento. Os resultados desses ensaios encontram-se sintetizados na tabela 5.5.

Tendo em conta os resultados obtidos, verifica-se que a Unidade Piloto instalada, em situações regulares de funcionamento, permite as seguintes capacidades médias de reciclagem:

- 25 m3/hora no caso de RCD mistos
- 20 m3/hora no caso de restos de betão.

Assim, estima-se que, durante o período do projecto, o equipamento de reciclagem acabou por trabalhar grande parte do tempo em vazio.

Tendo em conta este facto, e se considerarmos situações normais de funcionamento (sem visitas, ensaios ou problemas que conduzam à interrupção do equipamento), a operação da Unidade Piloto poderá ser realizada de forma muito mais eficiente, conseguindo-se a reciclagem de maiores quantidades de resíduos em menos tempo. De facto, se considerarmos a média de resíduos recebida mensalmente (248 ton/mês) e as capacidades de reciclagem

acima mencionadas (22,5 ton/horas), seria possível garantir a reciclagem dos resíduos recebidos, com períodos de operação de 2 a 3 dias por mês (5 horas de reciclagem por dia), em vez dos 12 a 14 dias por mês, necessários durante o projecto.

Tabela 5.5 – Capacidade de produção do equipamento de reciclagem (resultados dos ensaios)

Tipo de resíduo	Data dos ensaios	Volume total britado (m3)	Peso estimado (ton)	Tempo total de britagem (min)	Capacidade de britagem (m3/h)	Capacidade de britagem (ton/h)
Misturas	7-7-2006	32	50	150	12,8	20
	16-7-2006	27	40,5	120	13,5	20,25
	10-8-2006	30	45	140	12,86	19,29
	10-8-2006	60	87	250	14,4	20,88
	11-11-2006	29	42,05	120	14,5	21,03
	12-12-2006	68	102	280	14,57	21,86
	10-9-2006	18	25,2	80	13,5	18,9
	11-10-2006	80	116	350	13,71	19,89
	12-10-2006	90	130,5	360	15	21,75
	15-01-2007	12	10,42	20	31,26	36
	14-02-2007	3,5	4,2	10	25,2	21
	15-04-2007	22	26,4	40	39,6	33
	15-05-2007	18	21,6	30	43,2	36
	29-05-2007	51	58,14	115	44,2	38,7
				Média:	22,02	24,89
Betão	6-7-2006	17	22,1	70	14,57	18,94
	10-9-2006	45	58,5	210	24,55	16,71
	8-8-2006	30	39	120	22,5	19,5
	20-11-2006	36	43,2	130	24	19,94
	20-12-2006	12	14,4	45	20,57	19,2
	29-05-2007	34	38,31	95	26,7	23,7
				Média:	22,15	19,67

5.2.3. Consumos de gasóleo do equipamento de reciclagem

Os dados de monitorização permitiram verificar que:

- Foram consumidos, desde o início do funcionamento da Unidade Piloto, 7700 litros de gasóleo (tabela 5.4).
- O consumo de gasóleo é praticamente o mesmo, nos casos em que o britador está a trabalhar em vazio (sem alimentação de resíduos) ou a efectuar a reciclagem;
- O equipamento de reciclagem apresenta um consumo médio de aproximadamente 6,7 litros/hora (total de gasóleo utilizado/horas totais de funcionamento do

equipamento=7700l/1147h), o que corresponde a um valor muito semelhante ao indicado pelo fornecedor do equipamento (7litros/hora).

- Em situações regulares de funcionamento, os custos de operação do equipamento de reciclagem poderão ser bastante inferiores aos verificados na fase de demonstração incluída no projecto (Abril 2006 a Julho de 2007). De facto, se considerarmos as capacidades médias do equipamento em situações regulares de reciclagem (22,5 ton/hora, de acordo com o calculadas no ponto anterior), prevê-se um consumo de 29,78 litros/100 toneladas de resíduos recicladas.

5.2.4. Eficiências do separador magnético

O separador electromagnético pode ser ajustado de forma a permitir o seu afastamento ou aproximação do tapete por onde passa a material britado. No sentido de garantir uma eficiência máxima, o separador foi colocado na posição mais próxima permitida pelo equipamento (12 cm). Durante o período em questão, a observação regular do funcionamento do separador magnético permitiu concluir que:

- A maioria dos metais ferrosos é removida pelo separador, o qual permite a separação de pedaços de grandes dimensões (varões metálicos, por exemplo) e de pequenas dimensões (pregos, por exemplo);
- No entanto, existem algumas fracções de metais (ferrosos e não ferrosos) que não são removidas no separador e que acabam por ficar maioritariamente misturadas com os agregados reciclados de dimensões superiores a >31 mm. Sempre que possível esses metais são removidos manualmente, através de triagem manual enquanto os materiais passam no primeiro tapete do sistema de crivagem.
- Os restantes agregados produzidos durante a reciclagem, foram objecto de observação visual, e numa primeira análise não foram detectados objectos metálicos. No entanto, de forma a verificar melhor esta situação foram analisadas amostras dos agregados reciclados em laboratório. Estas foram analisadas no âmbito de um mestrado que a CMMN se encontra a apoiar. Os resultados obtidos (tabela 5.6) permitiram verificar que a percentagem de metais não magnéticos era nula ou muito reduzida. Por outro lado, os materiais magnéticos existentes eram essencialmente constituídos por fracções inertes, apresentando muito pouco metal ferroso.

Tabela 5.6 – Percentagens de contaminação (material magnético e metal não ferroso) determinada em laboratório (em peso)

Tipologia dos agregados	Granulometria	% de materiais magnéticos	% de metais não magnéticos
Mistos vermelhos	0-4 mm	0,14	-
	4-8 mm	0,08	-
	8-12 mm	0,20	0,075
Mistos cinzentos	0-4 mm	0,09	-
	4-8 mm	0,02	-

Adicionalmente, foram realizados ensaios na Unidade Piloto de forma a estimar a eficiência do separador electromagnético, utilizando a metodologia descrita no ponto 4.6.2. Os resultados obtidos encontram-se descritos na tabela 5.7. Em média, determinou-se uma eficiência de remoção de 86,87 % (se considerarmos o peso). Em termos gerais, considera-se que o separador permite uma eficiência satisfatória, garantindo a remoção da maioria dos metais magnéticos (que constituem a maior percentagem dos metais presentes), sem problemas significativos de funcionamento ou que afectem a qualidade do produto final.

Tabela 5.7 – Determinação da eficiência do separador electromagnético

Data dos ensaios	Quantidade total de metais - kg	% de remoção (em peso)	% de remoção (em volume)	Notas
Out.06	19,85	92,29	-	-
Jan.07	13,11	98,00	90,00	misturas de vermelhos, aparentemente pouco contaminadas
Mar.07	14,39	74,84	66,67	misturas aparentemente pouco contaminadas
Mai.07	25,78	76,63	85,19	telhas, tijolos e materiais cerâmicos
Mai.07	51,14	92,57	85,71	Restos de betão

5.2.5. Funcionamento dos crivos e produtos finais obtidos

Os crivos têm como objectivo classificar os materiais de acordo com as diferentes granulometrias que se pretendem produzir.

Tal como definido no plano de monitorização, a caracterização do funcionamento do sistema de crivagem baseou-se:

a) Numa observação e inspecção visual dos resultados obtidos, a qual permitiu identificar alguns problemas de operação. Esses problemas, bem as respectivas propostas de correcção, encontram-se descritos no Capítulo 6.

b) Na realização de ensaios com o objectivo de verificar as proporções de cada brita, obtidas após a reciclagem dos resíduos. Na realização dos ensaios seguiu-se a metodologia descrita no ponto 4.6.2. Os resultados finais encontram-se descritos na tabela 5.8 e 5.9, permitindo verificar que:

1. Quando se procede à produção de agregados de granulometria extensa (0-31 mm) :

- obtemos cerca de 70 % de agregados 0-31 mm
- obtemos cerca de 7 % de agregados > 31 mm, que não deveriam fazer parte do agregado de granulometria extensa
- adicionalmente, são ainda produzidos agregados 0-4 mm (11%); 4-8 mm (1%); 8-12 mm (0,3%), 12-22 mm (2%) e 22-31 mm (2%). Estes agregados deveriam fazer parte do agregado de granulometria extensa. No entanto, devido a algumas deficiências no sistema, estas fracções continuam a ser separadas (figura 5.5-a).
- existem perdas na ordem dos 6%, que poderão estar associadas aos metais que são removidos no separador electromagnético ou à dispersão de partículas finas durante o processo.
- O processo de reciclagem de restos de betão para produzir tout-venant origina mais finos do que o processo de reciclagem de misturas vermelhas e cinzentas, o que implica uma menor produção de tout-venant.

2. Quando se procede à produção de várias britas, verifica-se que:

- As eficiências totais de produção de material reciclados, face aos resíduos britados, estiveram compreendidas entre os 78 a 98 %, correspondendo a uma média de 90,5%.
- As perdas de material durante a reciclagem (2 a 24 %) estarão relacionadas com a remoção de fracções metálicas no separador magnético ou outras fracções no primeiro crivo, bem como com a dispersão no ar ou fixação no equipamento de partículas mais finas durante o processo.
- Quando britamos resíduos mistos cinzentos, a brita menos significativa em termos de quantidades é a 8-12 mm;
- Quando britamos resíduos mistos vermelhos as britas menos significativas são 22 -31 mm e > 31 mm.

Tabela 5.8 – Percentagem de cada tipologia de agregado obtida (produção de agregado de granulometria extensa)

	Resíduos reciclados		Agregados reciclados obtidos após reciclagem (% em peso)							
	Peso volume	Tipologia	0-4 mm	4-8 mm	8-12 mm	12-22 mm	22-31 mm	>31 mm	0-31 mm	TOTAL
Ensaio 1	80	Mistos vermelhos	4	0,7	-	1,5	2,3	6	81	95,5
Ensaio 2	12		12	2	1	4	-	7	69	95
		média	8	1,35	0,5	2,75	1,15	6,5	75	95,25
Ensaio 3	60	betao	17	1		2	2	6	65	93
Ensaio 4	50		18	0,5		2	3	8	64	95,5
		média	17,5	0,75	0	2	2,5	7	64,5	94,25
Ensaio 5	70	Mistos cinzentos	8	1		2	3	8	70	92
Ensaio 6	51		8,7	1,6	0,5	1,7	-	8,6	72,5	93,6
		média	8,35	1,3	0,25	1,85	1,5	8,3	71,25	92,8
		Média total	11,3	1,1	0,3	2,2	1,7	7,3	70,3	94,1

Tabela 5.9 – Percentagem de cada tipologia de agregado obtida (produção de britas)

	Resíduos reciclados		Agregados reciclados obtidos após reciclagem (% em peso)						
	Peso volume	Tipologia	0-4 mm	4-8 mm	8-12 mm	12-22 mm	22-31 mm	>31 mm	TOTAL
Ensaio 1	100,5	Mistos cinzentos	42	11	5	19	10	11	98
Ensaio 2	75,44		31	7	5	18	12	16	89
			36,5	9	5	18,5	11	13,5	93,5
Ensaio 3	90	Mistos vermelhos	40	15	15	18	4	5	97
Ensaio 4	150		38	17	16	16	5	5	97
			39	16	15,5	17	4,5	5	97
Ensaio 5	22	betao	34	10	6	16,3	8,5	9	83,8
Ensaio 6	34		31	8,5	4,8	14,9	10,4	8,8	78,4
			32,5	9,25	5,4	15,6	9,45	8,9	81,1
Média			36	11,4	8,6	17,0	8,3	9,1	90,5

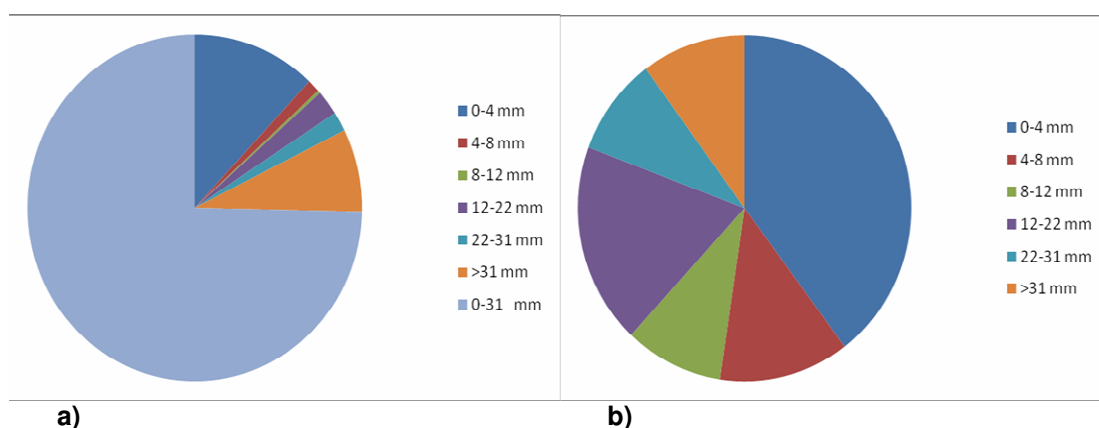


Figura 5.5 – Percentagens médias obtidas de cada agregado durante a produção de agregados de granulometria extensa (a) e de britas (b)

5.3. Caracterização dos produtos obtidos

5.3.1. Quantidades e tipologias

A unidade piloto tem por objectivo produzir agregados reciclados que possam substituir britas naturais em determinado tipo de obra ou material de construção.

No sentido de caracterizar os agregados reciclados produzidos na unidade piloto, estes foram classificados de acordo com a granulometria e tipo de resíduos que lhes deu origem.

No que respeita à granulometria podem ser classificados como:

- agregados reciclados de granulometria 0-4 mm
- agregados reciclados de granulometria 4-8 mm
- agregados reciclados de granulometria 8-12 mm
- agregados reciclados de granulometria 12-22 mm
- agregados reciclados de granulometria 22-31 mm
- agregados reciclados de granulometria > 31 mm
- agregados reciclados de granulometria extensa (granulometria 0-31 mm)

No que respeita ao tipo de resíduos com que foram produzidos podem ser classificados como:

- agregados reciclados mistos cinzentos (produzidos com resíduos mistos e cerâmicos que apresentam uma cor acinzentada)
- agregados reciclados mistos vermelhos (produzidos com resíduos mistos, cerâmicos e tijolos, que apresentam uma cor avermelhada)
- agregados reciclados de betão (produzidos apenas com resíduos de materiais de betão).

Nos primeiros meses de funcionamento da Unidade Piloto optou-se por testar a produção de britas de diferentes granulometrias. Posteriormente, o equipamento de reciclagem foi ajustado de forma a permitir a produção de agregados de granulometria extensa, podendo a qualquer altura ser novamente ajustado de forma a produzir britas.

Na tabela 5.10 encontram-se registadas as quantidades produzidas de cada tipologia de agregado reciclado, durante o projecto. Estes valores foram estimados, tendo por base o registo regular dos volumes produzidos/armazenados e o peso específico de cada tipologia de agregado.

Se considerarmos o total de resíduos reciclados (3976 ton) e os agregados reciclados obtidos (3690 ton) verifica-se que, em termos globais, ocorreram perdas, de aproximadamente 7 % durante a reciclagem e o armazenamento.

De facto, como as zonas de armazenamento dos produtos se encontravam em terra batida, existiram ainda perdas associadas a materiais que ficaram incorporados no solo e que não foi possível aplicar nos casos de estudos. Estes materiais foram ficando armazenados no local, permitindo a formação de uma camada de agregado que actualmente garante uma certa

pavimentação dos locais de armazenamento dos agregados, prevendo-se que de futuro as perdas de material, por este motivo, sejam inferiores.

Tabela 5.10 – Quantidades e tipologias de agregados Reciclados produzidos

	0-4 mm	4-8 mm	8-12 mm	12-22 mm	22-31 mm	>31 mm	0-31 mm	TOTAL
Mistos Vermelhos (telhas e tijolos) (ton)	62	15	8	31	20	23	-	159
Restos de betão(ton)	78	22	13	37	50	21	-	221
Mistos vermelhos (> telhas e tijolos, cerâmicas, alvenarias) (ton)	93	16	6	32	30	75	850	1102
Mistos cinzentos (>betão+pedra +argamassas) (ton)	272	26	7	53	75	175	1600	2208
Total produzido (ton)	505	79	34	153	175	294	2450	3690

5.3.2. Qualidade dos agregados reciclados

Tendo em conta que os RCD são muito heterogeneos é muito importante proceder à caracterização dos agregados obtidos em termos de comportamento mecânico (cujas exigencias dependem do tipo de aplicação pretendido), mas também em termos ambientais, de forma a garantir que os mesmos não apresentam problemas de contaminação.

No ano em que o projecto foi candidatado (2002/2003) não existiam normas ou especificações a nível nacional aplicáveis aos agregados de RCD. No entanto, durante o mesmo foram elaboradas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC algumas especificações que constituem guias de utilização de agregados reciclados em determinadas aplicações. Estas especificações, concluídas em Setembro de 2006, foram solicitadas pelo INR, no âmbito da elaboração de um diploma nacional que pretende definir o regime jurídico aplicável à gestão dos RCD. Este diploma ainda não se encontra em vigor. No entanto, a sua proposta incluía a obrigatoriedade de cumprir as especificações do LNEC atrás referidas. Apesar de actualmente estas normas não serem obrigatórias por lei, o seu cumprimento está a ser exigido no âmbito do licenciamento das actividades de gestão de resíduos associadas. Por outro lado, representam deste já uma orientação importante para quem pretende aplicar agregados

reciclados em obras ou no fábriço de betão, definindo as características mínimas, ao nível ambiental e geotécnico, que os agregados devem apresentar.

Caracterização ambiental

De forma a garantir a protecção do meio ambiente e da saúde pública, as especificações criadas pelo LNEC impõem a realização de ensaios de lixiviação, de forma a verificar se os agregados podem ser classificados como inertes face ao especificado na Decisão do Conselho 2003/33/CE, de 16 de Janeiro de 2003.

Assim, muito embora durante o presente projecto a separação dos resíduos na origem fosse obrigatória, considerou-se importante avaliar a presença de eventuais substâncias perigosas. De entre os eventuais constituintes perigosos presentes nos RCD podemos referir: o amianto, os metais pesados, as fibras minerais, os solventes, algumas tintas, as resinas e os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos.

Não sendo possível proceder à análise de todas as tipologias de agregados obtidos na Unidade Piloto, optou-se por analisar os agregados de granulometria extensa mistos (0-31 mm), visto apresentam uma mistura de todos os outros agregados, bem como os agregados finos mistos (0-4 mm) onde, por norma, tendem a concentrar-se as substâncias contaminantes que estejam presentes.

Estas análises foram adjudicadas ao Instituto do Ambiente. As amostras foram enviadas para laboratório no dia em que foram recolhidas.

As amostras foram recolhidas numa pilha com cerca de 15 m³ de volume, construídas ao longo de 6 meses. Ou seja, ao longo de 6 meses, após cada dia de britagem era recolhida, com a pá da retro-escavadora, uma amostra com 1 m³ que era colocada num local separado. Este procedimento permitiu obter pilhas (para estas duas tipologias de agregados) com volumes significativos, compostas por agregados resultantes da reciclagem de RCD de várias origens e composições e que, por isso, se consideram mais representativas. Nessas pilhas foi recolhida uma quantidade considerável de agregados a várias alturas e profundidades. As quantidades recolhidas foram sujeitas ao método da enquadração, tendo em conta as recomendações de recolha fornecidas pelo Instituto do Ambiente (figura 5.6).

Os resultados obtidos encontram-se sintetizados na tabela 5.11 e 5.12. A análise da tabela permite verificar que, do ponto de vista ambiental, os agregados cumprem os valores limites, estando na sua maioria abaixo do limite detectável.

Tendo em conta os cuidados de operação realizados e os resultados obtidos considera-se que os agregados reciclados produzidos na Unidade Piloto durante o projecto, podem ser utilizados com segurança, sem riscos para a saúde pública e para o ambiente. No entanto, caso se pretenda dar continuidade ao funcionamento da Unidade Piloto, estes parâmetros deverão

continuar a ser analisados periodicamente, de forma a confirmar o detectar atempadamente eventuais problemas.



Figura 5.6 – Recolha de amostras de agregados para determinação das características ambientais

Tabela 5.11 – Resultados das análises ambientais dos agregados efectuadas de acordo com os parâmetros definidos na Decisão do Concelho 2003/33/CE de 19 de Dezembro de 2002, para resíduos inertes

Parâmetro	Método	Unidades	Resultado amostra 1 (0-4 mm)	Resultado amostra 2 (0-31 mm)	Valores limites ⁽¹⁾
antimónio Sb	EAA-Hidretos	ug/L	1,7	1,7	100
arsénio As	EAA-Hidretos	ug/L	<1,0	<1,0	60
Bário Ba	ICP	ug/L	25	21	4 000
Cádmio Cd	EAA-forno grafite	ug/L	<0,5	<0,50	20
Chumbo Pb	EAA-forno grafite	ug/L	<2,5	<2,5	150
Cloretos Cl	Esp.Flu.Seg.(tlocianato)	mg/L	47	31	460
Cobre Cu	ICP	ug/L	<20	<20	600
Composto fenólicos C6H5OH	Análise Continua Flu.seg.	ug/L	10	16	300
Crómio total Cr	EAA-forno grafite	ug/L	16	15	100
Fluoretos F		mg/L	<0,1		2,5
Mercúrio Hg	EAA-AMA	ug/L	<0,1	<0,1	2
Molibdeno Mo	ICP	ug/L	<20	<20	200
Níquel Ni	EAA-forno grafite	ug/L	<5,0	<5,0	120
pH	Potenciométrico		11	11	> 6*
Selénio Se	EAA-hidretos	ug/L	<1,0	<1,0	40
Sulfatos SO4	Análise Continua Flu.seg.	mg/L	79	72	1500
Zinco Zn	ICP	ug/L	<20	<20	1 200
D.O.C	Espectrofotometria IV	mg/L	2,7	3,7	160
TOC	MMA/125	%	0,7	1,4	5 *
benzeno	GC-MS	ng/g	<3	<3	6 000
etilbenzeno	GC-MS	ng/g	<3	<3	6 000
tolueno	GC-MS	ng/g	16	14	6 000
xileno	GC-MS	ng/g	8	8	6 000
hidrocarbonetos C10 a C40	GC-MS	mg/kg			500
PCB IUPAC 101	MMA/41	ng/g	<3	<3	1 000
PCB IUPAC 105	MMA/41	ng/g	<3	<3	1 000
PCB IUPAC 118	MMA/41	ng/g	<3	<3	1 000
PCB IUPAC 128	MMA/41	ng/g	<3	<3	1 000
PCB IUPAC 153	MMA/41	ng/g	<3	<3	1 000
PCB IUPAC 156	MMA/41	ng/g	<3	<3	1 000
PCB IUPAC 170	MMA/41	ng/g	<3	<3	1 000
PCB IUPAC 180	MMA/41	ng/g	<3	<3	1 000
PCB IUPAC 28	MMA/41	ng/g	<3	<3	1 000
PCB IUPAC 31	MMA/41	ng/g	<3	<3	1 000
PCB IUPAC 52	MMA/41	ng/g	<3	<3	1 000

⁽¹⁾ Valores - limite para resíduos admissíveis em aterros para resíduos inertes definidos na Decisão do Conselho 2003/33/CE de 19 de Dezembro de 2002, que estabelece os critérios de e processos de admissão em aterros nos termos do artigo nº 16 e do anexo II da Directiva 1999/31/CE.

* Valores - limite para resíduos perigosos admissíveis em aterros para aterros de resíduos não perigosos definidos na Decisão do Conselho 2003/33/CE de 19 de Dezembro de 2002, que estabelece os critérios de e processos de admissão em aterros nos termos do artigo nº 16 e do anexo II da Directiva 1999/31/CE.

Tabela 5.12 – Resultados das outras análises ambientais realizadas aos agregados.

Parâmetro	Método	Unidades	Resultado amostra 1 (0-4 mm)	Resultado amostra 2 (0-31 mm)
Azoto amoniacal NH4	Esp. Flu.Seg. (nitroprussiato)	mg/L	0,4	0,46
Cianetos totais CN	Esp. Flu.Seg. (ac. Barb-clor.T)	ug/L	10	11
Condutividade (a 20 °C)	Electrométrico	uS/cm	715	676
Temperatura	Potenciométrico	°C	21	21
Sólidos dissolvidos totais	Gravimetria	g/L	0,4	0,38
Temperatura de trabalho		°C	20	20
Teor de humidade	Gravimetria	%	6,1	10
Acenafeno	HPLC-FLD	ug/kg	<25	<25
Acenafileno	HPLC-FLD	ug/kg	<25	<25
Antraceno	HPLC-FLD	ug/kg	<25	<25
Benzo(g,h,i)perileno	HPLC-FLD	ug/kg	<25	<25
benzo(a)antraceno	HPLC-FLD	ug/kg	<25	<25
benzo(a)pireno	HPLC-FLD	ug/kg	<25	<25
benzo(b)fluorenteno	HPLC-FLD	ug/kg	<25	27
Benzo(k)fluorenteno	HPLC-FLD	ug/kg	<25	<25
criseno	HPLC-FLD	ug/kg	21	67
Dibenzeno (a, h) antraceno	HPLC-FLD	ug/kg	<25	<25
fenantreno	HPLC-FLD	ug/kg	<25	70
fluorenteno	HPLC-FLD	ug/kg	32	94
fluoreno	HPLC-FLD	ug/kg	<25	<25
indeno (1,1,3-c,d)pireno	HPLC-FLD	ug/kg	<25	<25
Naflaleno	HPLC-FLD	ug/kg	<25	130
pireno	HPLC-FLD	ug/kg	<25	35

Caracterização Geotécnica

Estes parâmetros devem ser analisados tendo em conta o tipo de utilização que se pretende garantir para os agregados. As especificações LNEC elaboradas dão orientações de utilização dos agregados reciclados para as seguintes utilizações:

- Guia para Utilização de Resíduos de Construção e Demolição em Aterro e Camada de Leito de Infra-estruturas de Transporte (E 474 – Set. 2006)
- Guia para Utilização de Agregados Reciclados em Camadas Não Ligadas de Pavimentos (E 473 - Set. 2006)
- Guia para utilização de Agregados Reciclados Grossos em Betões de Ligantes Hidráulicos (E471 – Set. 2006)

Em termos gerais as mesmas impõem que:

- os RCD devem ser sujeitos a uma separação na origem de forma a não apresentarem contaminantes.
- devem existir locais adequados de deposição e armazenamento em função da sua origem e constituintes principais.
- os RCD devem ser sujeitos a processos de reciclagem adequados

- os agregados reciclados são classificados em classes de acordo com a sua constituição e por categorias que dependem das suas características geotécnicas. Para verificar qual a classe e categoria do agregado deverão ser consultados os quadros 1 e 2 da especificação em causa (ver tabela 5.13.)
- as especificações indicam o tipo de aplicações onde os agregados reciclados podem ser utilizados, de acordo com a sua classe e categoria (tabela 5.14).
- os agregados reciclados devem ser identificados através da indicação do produtor (operador de gestão de resíduos), do local de produção, das siglas da classe e categoria a que pertencem de acordo com a especificação LNEC aplicável.
- sem prejuízo do estabelecido nos cadernos de encargos das obras, os agregados reciclados devem respeitar os limites indicados nas especificações. As propriedades a analisar devem ser verificadas com uma frequência mínima que depende da variabilidade dos resíduos e do especificado no caderno de encargos ou em planos de garantia da qualidade da construção. Adicionalmente, deve ser cumprido o plano de monitorização e o controlo de qualidade referidos na especificação respectiva.

Tabela 5.13 – Classificar dos agregados reciclados de acordo com as especificações LNEC e o tipo de aplicação pretendida

Especificação LNEC	Tipo de Utilização	Quadros a consultar para determinar a classe e a categoria dos agregados	
E 474-2006	Aterro e camadas de leito	Classe: B, MB e C	Quadro 1
		Categoria: MAT1 ou MAT2	Quadro 2
E 473-2006	sub-base de via e camadas de leito	Classe: B ou C	Quadro 1
		Categorias: AGR1, AGR2, AGR3	Quadro 2
E 471-2006	betões enchimento/regularização betão simples ou armado com classe de resistência c40/50 (25% de substituição) ou com classe de resistência c35/45 (20% de substituição)	Classe: ARC, ARB2, ARB1	Quadro 1

Tabela 5.14 – Utilizações possíveis para os agregados reciclados de acordo com as especificações LNEC 473-2006, 474-2006 e 471-2006

Especificação LNEC	Tipo de Utilização	Tpo de Agregado que pode ser aplicado (1)	
		Categoria	Classe
E 474-2006	Aterro	MAT1 ou MAT2	B, MB e C
	camadas de leito	MAT2	B ou C
E 473-2006	sub-base de via com TMDp<50	AGR1	B ou C
		AGR2	B ou C
		AGR3	B
	sub-base de via com TMDp<150	AGR1	B
		AGR2	B ou C
		AGR3	B
	sub-base de via com TMDp<300	AGR2	B
		AGR3	B
	Camada de base de via com TMDp<150	AGR1	B ou C
		AGR2	B ou C
		AGR3	B
	Camada de base de via com TMDp<300	AGR3	B
E 471-2006	betão simples ou armado com classe de resistência c40/50 (25% de substituição)	-	ARB1
	betão simples ou armado com classe de resistencia c35/45 (20% de substituição)	-	ARB2
	betões enchimento/regularização	-	ARC ,ARB2, ARB1

(1) De acordo com as especificações LNEC respectivas

(2) TMDp – tráfego médio diário de pesados por dia

Estas normas surgiram numa fase em que o projecto, já se encontrava definido não tendo sido possível proceder a uma avaliação completa dos agregados de acordo com as mesmas.

No entanto, o agregado de granulometria extensa, que à partida terá mais saída nas obras municipais, foi sujeito a algumas análises em laboratório no sentido de verificar se apresentava as características mínimas para ser aplicado nas utilizações previstas nos Casos de Estudo 2 e 3 da Tarefa 5. No âmbito do Caso de Estudo 4, foram também determinados alguns parâmetros considerados mais importantes, com o objectivo de verificar, se os agregados grossos reciclados mistos e de betão (granulometrias 4-8mm e 8-12mm) apresentavam aptidão para vir a ser aplicados na produção de betão estrutural.

Os resultados obtidos encontram-se descritos e discutidos no **Relatório Técnico Final da Tarefa 5 “Casos de Estudos Demonstrativos da Aplicação de Agregados Reciclados”**

Contaminação dos agregados reciclados

A contaminação dos agregados reciclados (presença de substâncias indesejáveis) é dos parâmetros que deve ser analisado de forma a caracterizar os mesmos, de acordo com as Especificações LNEC atrás referidas.

De forma a promover uma caracterização deste parâmetro, estão a ser realizados ensaios aos agregados reciclados obtidos na Unidade Piloto, no âmbito da Tese “Reciclagem de RCD – Contributo para o controlo do processo”, do Mestrado “Gestão Integrada e Valorização de Resíduos – Ramo Ecomateriais e Valorização de Resíduos” da Universidade Nova de Lisboa.

Actualmente encontram-se disponíveis os resultados para os agregados cinzentos de granulometrias 0-4 mm e 4-8 mm e para os agregados vermelhos de granulometria 0-4mm, 4-8mm e 8-12 mm (tabela 5.15).

Tabela 5.15 – Percentagem de contaminantes determinada

Composição	Granulometria	Contaminantes (%)
Vermelhos	0-4 mm	0,39
	4-8 mm	0,12
	8-12 mm	0,32
Cinzentos	0-4 mm	0,11
	4-8 mm	0,08

A metodologia e resultados obtidos até ao momento, encontram-se registados num relatório preliminar (Doc.8 em anexo). Em termos gerais, e tendo em conta os resultados obtidos até ao momento, é possível concluir que:

- A fracção com maior percentagem de contaminantes em peso é a fracção de granulometria **0-4 mm**, pertencente aos agregados vermelhos, com **0,39%** de contaminantes.
- Os agregados reciclados mais contaminados em peso, segundo a origem da matéria-prima utilizada, são os **agregados reciclados vermelhos**, com **0,26%** de contaminantes, em comparação com os agregados reciclados cinzentos, apenas com 0,09% de contaminantes. Tal seria expectável uma vez que a matéria-prima provém de misturas de obras particulares, nas quais é difícil ter controle acerca dos materiais que são depositados juntamente com os materiais inertes. No caso dos agregados cinzentos, a matéria-prima é, logo à partida, muito menos contaminada.

- O contaminante que mais contribui, em peso, é o **material magnético**, com **58,17%** do total dos contaminantes encontrados, provavelmente devido à sua densidade, maior do que a dos outros contaminantes (ex.: madeira, plástico, carvão ou têxteis). No entanto, o material magnético encontrado é constituído maioritariamente por inertes(alvenaria, betão), apresentando muito pouco metal ferroso. O metal ferroso e não ferroso compromete, segundo HENDRIKS & PIETERSEN (2000), apenas as aplicações nas sub-bases de estradas (fracção 0-40 mm) e na areia para aterros. No entanto, uma vez que se atribui a sua elevada percentagem em peso à densidade alta deste material em relação aos outros componentes, este contaminantes não trará problemas, até porque a larga maioria do material magnético encontrado eram materiais inertes.
- A seguir ao material magnético, é a **madeira**, com **17,00 %**, que mais contribui para os contaminantes. Sendo um material pouco denso, esta percentagem elevada revela que existe em grande quantidade, sendo, de facto, comum a todas as fracções e a quase todas as amostras analisadas. Por análise da bibliografia disponível, um dos contaminantes presente nos agregados reciclados e que compromete um grande número de aplicações é a madeira. Segundo HENDRIKS (2000), a madeira constitui um problema quando se pretende utilizar os agregados reciclados como agregados para betão, como sub-bases de estradas (neste caso refere-se ao *tout venant*, de granulometria 0-40 mm e como areia industrial para betão (granulometria 0-4 mm), para citar apenas alguns exemplos. Segundo a mesma fonte, a madeira não deve estar presente de todo no agregado para asfalto. Em termos de valorização da madeira removida, segundo HENDRIKS & PIETERSEN (2000), esta pode ser sujeita a muitos processos de valorização/aproveitamento, uns mais exigentes em termos de contaminantes do que outros. Torna-se essencial, portanto, proceder a uma análise do grau de contaminação da madeira, consoante as aplicações disponíveis e economicamente viáveis para a Câmara Municipal.
- É de realçar também a presença de uma folha de sobreiro numa amostra de material de granulometria 8-12 mm (fig.5.7), que tem origem não na matéria-prima utilizada para a produção deste agregado mas sim nas árvores existentes na Unidade de Reciclagem. Este facto vem reforçar a necessidade de existir um espaço coberto para armazenamento dos agregados, sob risco de se comprometer a qualidade dos mesmos.
- Face aos resultados obtidos considera-se que, mantendo o funcionamento da Unidade Piloto, será possível obter agregados reciclados cinzentos que respeitem os limites de contaminação exigidos nas especificações LNEC. No que respeita aos agregados vermelhos, será necessário continuar os ensaios, podendo a percentagem de contaminantes vir a condicionar algumas utilizações.

5.3.3. Aplicação dos agregados reciclados

Uma vez que as análises realizadas não revelaram problemas ambientais procedeu-se à aplicação dos agregados nos casos de estudo da Tarefa 5, mesmo não estando demonstradas todas as propriedades referidas nas especificações LNEC aplicáveis. Na tabela 5.16 apresenta-se uma síntese das tipologias e quantidades de agregados reciclados aplicadas a título demonstrativo no âmbito da Tarefa 5 do Projecto.

No entanto, em termos futuros, considera-se que a aplicação dos agregados reciclados deverá ter em conta o plano de controlo de qualidade referido nas especificações LNEC.

Tabela 5.16 – Síntese das quantidades e tipologias de agregados aplicados durante o projecto

	0-4 mm	4-8 mm	8-12 mm	12-22 mm	22-31 mm	>31 mm	0-31 mm	TOTAL
Total produzido (ton)	505	79	34	153	175	294	2450	3690
Total aplicado no projecto (ton) – CE1,CE2 e CE3 da Tarefa 5	400	79	34	81	168	175	2004	2941
Total aplicado após projecto (CE2 da Tarefa 5)	-	-	-	-	-	-	245	245
Total disponível na Unidade Piloto no final do projecto (ton)	105	0	0	72	7	119	201	504
% de agregados utilizados até Jul 07	79	100	100	53	96	60	82	80
% de agregados utilizados até Out 07	79	100	100	53	96	60	92	86



Figura 5.7 - Presença de uma folha de sobreiro na amostra (indicada por um círculo vermelho).

5.4. Caracterização dos refluxos do sistema

Durante o período em causa, foram produzidos na Unidade Piloto os resíduos que se sintetizam na tabela 5.16, provenientes da triagem manual (no caso dos indiferenciados e madeiras) e mecânica (no caso dos metais) dos RCD recebidos na Unidade.

Os resíduos não inertes mais significativos são os metais, seguidos dos resíduos indiferenciados e das madeiras. No entanto, é preciso ter em conta que no âmbito da operação regular da Unidade Piloto, a maioria das madeiras removida manualmente acaba por ser depositada junto com os resíduos indiferenciados, porque se encontra suja e contaminada com outros materiais.

Se considerarmos o volume de resíduos não inertes separados através de triagem, estima-se uma percentagem de contaminação global de 0,9% em volume, para o período do projecto. Se não considerarmos os metais (os quais são removidos no equipamento de reciclagem) temos uma percentagem de contaminação de 0,4 % em volume. Embora se considere que estas quantidades representam grande parte dos resíduos não inertes presentes nos RCD, existe uma pequena fracção que fica misturada com os agregados reciclados (como aliás foi verificado no ponto 5.3.3.), pois as suas reduzidas dimensões não permitem a sua separação manual antes da britagem.

Tabela 5.16 – Resíduos sólidos resultantes da triagem aos RCD recebidos

Resíduos sólidos (Fracções não inertes)	Volume total (m3)	Produção anual estimada (m3/ano)	Destino final
Madeiras limpas separadas manualmente antes ou após britagem	4	3	Ecocentro de Montemor-o-Novo
Fracções metálicas Separas no equipamento de reciclagem	21	16	Envio para operadores licenciados
Resíduos indiferenciados, incluindo madeiras e olásticos sujos, removidos manualmente antes ou após britagem	15	11	Estação de Transferência de RSU de Montemor-o-Novo
Total	40	30	-

No que respeita a outros resíduos e efluentes refira-se que:

- a produção dos efluentes líquidos não foi contabilizada, sendo estes encaminhados directamente para o sistema de saneamento municipal;
- não foi necessário proceder à limpeza do separador de hidrocarbonetos

5.5. Caracterização dos custos

5.5.1 Custos de instalação

A instalação da Unidade Piloto envolveu um custo total de aproximadamente 388.600 euros (S/ IVA) sem considerar a aquisição do terreno, visto que o mesmo já era propriedade da autarquia. (tabela 5.17).

Tabela 5.17 – Custos de Instalação

Descrição da despesa	Custo Aproximados (sem IVA)
Equipamento de apoio à operação (retroescavadora, ferramentas diversas, contentores de armazenamento temporário de resíduos, equipamento de monitorização, equipamento de segurança)	47.000 €
Instalação da Unidade Piloto (infra-estruturas e equipamentos necessários)	336.000 €
Projecto de concepção	5.000 €
Custos administrativos (seguros e licenças)	600 €
TOTAL	388.600 €

5.5.2 – Custos de operação e manutenção

Com base na monitorização dos custos de funcionamento da Unidade Piloto durante o projecto, foram estimados os custos de operação associados a uma infra-estrutura semelhante, assumindo uma recepção média de RCD de 3000 ton/ano. Com este volume de RCD e tendo em conta as capacidades dos equipamentos e os custos associados, estima-se um custo anual de cerca de 16 942 euros, o que implica um custo médio de 5,6 euros/ton de agregado reciclado produzido. Para estes cálculos, considerou-se que a instalação estaria apenas aberta durante toda a semana, mas só da parte da tarde.

Tabela 5.18 – Estimativa dos Custos de Operação para o período pós-projecto (considerando uma recepção média de 3000 ton/ano de RCD)

Categoria da despesa		Considerando os seguintes dados	Custos totais estimado (por ano)
Pessoal	Técnico Superior (coordenação e apoio)	Custo Hora de trabalho: 7,96 Tempo médio de afectação: 14h/mês	1.337 €
	Cantoneiro de limpeza (apoio à reciclagem)	Custo Hora de trabalho: 5,8 Tempo médio de afectação:182h/ano	1.056 €
	Cantoneiro de limpeza (recepção dos resíduos e outros)	Custo Hora de trabalho: 5,8 Tempo médio de afectação:735 h*210	4.263 €
	Operador de máquinas pesadas (operação do equipamento de reciclagem e retro-escadora)	Custo Hora de trabalho: 9,27 Tempo médio de afectação: 420h/ano	3.893 €
Gasóleo	Equipamento de reciclagem	Capacidade de britagem: 22ton/h Consumos do eq. reciclagem: 6,7 l/h Total de RCD reciclados: 3000 ton/ano Total de gasóleo consumido: 913 l/ano Custo médio do gasóleo (s/IVA): 0,8 1 €/l	740 €
	Retroescavadora	Consumo médio:5,1 l/h Tempo de trabalho por ano: 2 h/d * 210d/ano	1.735 €
Água	Consumo médio = 78 m3/ano Custos por m3 = 0,77 €/m3 (de acordo com a tabela de taxas e tarifas da autarquia, sem considerar o contador)		60,06 €
Gestão de resíduos	Custos de recepção para resíduos semelhantes a RSU: 32 €/ton Quantidades previstas: 1,8 ton/ano - os restantes resíduos não implicaram despesas de gestão		57,60 €
Revisão e manutenção dos equipamentos	Considerado 1 revisão por ano		800 €
Despesas administrativas/consumíveis diversos/controlo de qualidade	Fichas de monitorização/guias de gestão de resíduos, materiais de limpeza e lubrificação/ensaio em laboratorio		3.000 €
TOTAL			16.942 €

6. PROBLEMAS E MELHORAMENTOS NECESSÁRIOS

Durante o funcionamento da Unidade Piloto foram detectados alguns problemas e necessidades de melhoramento nas diferentes componentes da Unidade Piloto. Esses problemas e respectivas resoluções foram registados regularmente pelos funcionários da Unidade Piloto, nas fichas diárias de monitorização e estiveram relacionados com:

- a) Problemas de operação e segurança do equipamento de reciclagem
- b) Melhoramentos no sistema de pesagem e de reciclagem
- c) Melhoramentos nas infra-estruturas de controlo de acesso, vias internas de circulação e zonas de armazenamento de resíduos

Os problemas identificados foram discutidos com o grupo de trabalho interno, no sentido de tentar encontrar soluções para os mesmos e promover a sua implementação, sempre que possível. De seguida apresenta-se uma síntese dos problemas identificados, bem como das soluções e melhoramento considerados necessários. Sempre que possível, as soluções foram implementadas pela equipa do projecto sem custos adicionais. Por vezes foi necessário, proceder à aquisição de materiais ao exterior de forma a permitir a implementação das soluções pelos serviços da CMMN. Os custos destes materiais foram afectos à rubrica “protótipo”, no âmbito da sub-rubrica “melhoramentos nas soluções instaladas na Unidade Piloto” aprovado pela CE no âmbito do pedido de alteração ao projecto.

6.1. Problemas de operação e segurança dos equipamentos de reciclagem

a) Paragens repentinas do equipamento

Ocorreram algumas situações em que, durante a operação de reciclagem o equipamento parou repentinamente. Estas paragens implicaram a interrupção momentânea da operação de reciclagem, no sentido de tentar verificar os motivos das mesmas (figura 6.1).

Uma destas situações ocorreu porque o tapete que alimenta o britador se encontrava muito largo, deixando de existir alimentação do mesmo. Após ajuste do tapete a situação ficou resolvida. Verificaram-se ainda duas paragens do motor do britador devido à elevada temperatura que se fez sentir na época do Verão e que originou um sobreaquecimento do equipamento. Adicionalmente, ocorreram diversas paragens do motor do tapete de abastecimento da britadeira e nos motores dos tapetes, devido a um excesso de material na tolva de alimentação ou nos tapetes (nestas situações o material em excesso é removido com a ajuda de uma pá).

Em termos gerais, estas paragens são facilmente resolvidas pelos funcionários responsáveis pela operação do sistema de reciclagem e não comprometem o funcionamento regular da Unidade Piloto. Por vezes, as situações exigem apoio por parte do Eng. electromecânico da CMMN.



Figura 6.1 – Por vezes a paragem repentina de algumas componentes do sistema de reciclagem, implica a interrupção da operação de forma a identificar e resolver o problema que esteve na origem dessa paragem.

b) Perdas de material reciclado em alguns pontos do sistema de reciclagem

Por outro lado, após o início da operação verificou-se que em alguns pontos do sistema, existiam perdas de material, devido a pequenos desajustamentos na ligação dos tapetes aos crivos. Após algumas alterações na altura e posição dos diferentes tapetes, foi possível resolver a maioria destas situações. No entanto, na zona do separador electromagnético não foi possível resolver totalmente o problema, verificando-se ainda uma acumulação considerável de material fino, junto ao mesmo (figura 6.2). Esta situação, ocorre junto ao contentor de armazenameto dos metais que são removidos no separador magnético. O material fino cai directamente nesse contentor, contaminando o material ferroso. Para evitar esta situação, foi colocada uma placa metálica neste local que impede/reduz a entrada dos finos no contentor, conduzindo estes materias para uma zona de acumulação atrás de contentor (figura 6.3).



Figura 6.2 – Em alguns pontos do sistema foi necessário ajustar a altura e posição dos tapetes, de forma a evitar/reduzir a acumulação de materiais finos no solo, junto aos equipamentos.



Figura 6.3 – Instalação da estrutura metálica para evitar que os finos caiam dentro do recipiente de recolha e armazenamento dos materiais ferrosos.

c) Estruturas de segurança e protecção dos trabalhadores

A este nível refira-se ainda a necessidade de introduzir/melhorar algumas estruturas de segurança e protecção no equipamento de reciclagem, na zona da tolva de alimentação do britador e na zona do separador magnético.

Estes problemas foram igualmente identificados na vistoria à Unidade Piloto por parte da Inspecção-Geral do Trabalho, que condicionou a continuação da operação da Unidade Piloto à instalação de soluções de segurança.

Desta forma, e de modo a assegurar a segurança dos operadores e correcta operação da Unidade Piloto, foram construídas e instaladas pelos serviços internos da CMMN, as seguintes estruturas de segurança:

- Alargamento da plataforma de acesso à zona de alimentação. A Plataforma de apoio à britadeira era reduzida e não percorria a totalidade da boca de alimentação do britador, dificultando o acesso à mesma quando era necessário desprender ou remover alguns resíduos de maiores dimensões ou mais irregulares que ficavam presos na boca de alimentação do britador. No sentido, de evitar que o operador tivesse de entrar dentro da boca do britador foi dimensionada, construída e instalada uma nova plataforma de acesso de maiores dimensões, com grades de protecção e com uma nova escada de acesso com melhores condições de segurança (figura 6.4).
- Instalação de placa de protecção e segurança na zona do separador electromagnético, de forma a evitar que a tela magnética se desloque em caso de desprendimento (figura 6.5).



Figura 6.4— Remodelação da plataforma de acesso à zona de alimentação do britador:

a) plataforma inicial; b) estrutura provisória; c) plataforma e escada remodelada pelos serviços da autarquia



Figura 6.5 – Instalação de estrutura de protecção junto à tela do separador electromagnético.

d) Adaptação dos crivos para produzir tout-venant

Para além das britas recicladas produzidas, pretende-se que o sistema permita a produção de um agregado reciclado de granulometria extensa que varie entre 0 a 31 mm (semelhante a “tout-venant”). A produção deste tout-venant reciclado, exigiu uma adaptação do sistema de crivagem.

Inicialmente, foi projectada uma solução com placas metálicas amovíveis que se colocavam sobre o segundo tapete do primeiro crivo, de forma a garantir apenas a primeira crivagem dos materiais (remoção da fracção superior a 31 mm). No entanto, estas placas eram muito pesadas, tornando-se difíceis de manusear.

Em alternativa, optou-se por utilizar uma tela em substituição da placa metálica (figura 6.6), a qual apresenta as mesmas dimensões do tapete do crivo. Esta solução, apesar de ser mais fácil de manusear e permitir assegurar a produção de “tout-venant”, apresenta algumas desvantagens, nomeadamente: permite a passagem de muitos finos para os tapetes inferiores (originando perdas de materiais durante a reciclagem); apresenta um tempo de vida útil relativamente curto, exigindo uma substituição regular.



Figura 6.6— Colocação do tapete em tela para produção de tout-venant.

6.2. Necessidade de melhoramentos no equipamentos de reciclagem

a) Equipamento de triagem a montante

A operação e monitorização do sistema demonstrou que, em geral, os RCD apresentavam um grau reduzidos de contaminantes. No entanto, por vezes as quantidades de madeiras (mais frequentes em contruções antigas e muitas vezes incorporadas nas argamassas) eram mais significativas, sendo difícil proceder à sua separação manual. Parte destes resíduos foram removidos após a britagem, pois ficavam retidos no primeiro crivo (>31 mm). No entanto, existem sempre pequenas fracções que acabam por ficar misturadas com os agregados.

A triagem destes materiais exige equipamento específico de triagem que permita a sua remoção, o qual não foi instalado nesta fase do projecto, visto que se tratava de um unidade piloto. No entanto, concluiu-se que embora a contaminação dos RCD não pareça por em causa a utilização dos agregados, esta triagem será certamente um dos melhoramentos a considerar caso se pretenda obter produtos com objectivos de comercialização e aplicações mais exigentes.

A sua instalação trará sempre uma mais valia para a unidade de reciclagem. No entanto, caso não se pretenda obter agregados de máxima qualidade, e se aposte numa campanha de sensibilização que reforce a necessidade de separar os resíduos de madeira (resíduos que aparecem em maior percentagem nos RCD e nos agregados produzidos), considera-se que não é imprescindível a instalação de equipamento de triagem.

Neste caso, como já referido, a continuação do plano de sensibilização e visitas ao local da obra consideram-se fundamentais para o funcionamento da unidade. Adicionalmente, deverá promover-se, sempre que se proceda à reciclagem, à separação manual das fracções não inertes presentes nos agregados que são separados na primeira grelha do primeiro crivo, sob pena destes não poderem ser utilizados. Por outro lado, sem esta separação, estes agregados nunca devem ser reintroduzidos no sistema de reciclagem, pois as fracções não inertes que estiverem presentes são reduzidas a menores dimensões, havendo mais probabilidade de contaminação dos restantes agregados.

b) Crivo a montante do sistema

A bibliografia da especialidade refere que a introdução de um crivo a montante do sistema de reciclagem, que remova os finos antes da britagem, contribui para aumentar o tempo de vida útil equipamento (a fracção fina promove um maior desgaste dos martelos) e melhora a qualidade dos produto final (pois é na fracção mais fina que se tendem a concentrar eventuais contaminantes).

No entanto, como se tratava de uma Unidade Piloto, e se desconhecia a composição dos RCD a receber na Unidade Piloto, optou-se por não instalar este crivo numa primeira fase.

Entretanto, a operação da Unidade Piloto demonstrou que os resíduos recebidos tendem a apresentar uma elevada percentagem de finos e terras misturadas, o que diminui a qualidade dos produtos finais, em especial no que respeita aos agregados de granulometria extensa (0-31mm) e aos agregados finos (0-4 mm).

Por outro lado, verificou-se que, quando os resíduos a reciclar se encontram húmidos (através da sua exposição a períodos de pluviosidade na zona de armazenamento), o material fino tende a formar uma lama que adere ao equipamento de crivagem, provocando a colmatagem dos crivos e, conseqüente, a redução da sua eficiência de separação (figura 6.7). Em situações continuadas, a zona dos martelos do britador fica igualmente colmatada, correndo-se o risco de danificar o equipamento (figura 6.8). Nestas situações a operação de reciclagem tem de ser interrompida, pois o processo não é eficiente (figura 6.9) e o equipamento pode ficar danificado.



Figura 6.7 – Aspecto dos tapetes dos crivos na sequência da reciclagem de RCD com humidade significativa.



Figura 6.8– Zona dos martelos do britador colmatada com finos, na sequência da reciclagem de RCD com humidade significativa.



Figura 6.9 – Aspecto do material de granulometria 4-8 mm contaminado com materiais mais finos, devido a problemas de colmatção nos crivos e à elevada humidade dos RCD reciclados.

De forma a reduzir os períodos de paragens do equipamento associados aos problemas de colmatção por acumulação de finos, considera-se que deveria ser instalado um crivo a montante que reduzisse a percentagem de finos nos RCD a reciclar.

No entanto, após alguma pesquisa de mercado, verificou-se que a aquisição do crivo implicava custos elevados e procedimentos morosos de aquisição ao mercado, pelo que não seria possível avaliar os benefícios da sua instalação até ao final do projecto (Julho 2007). Por outro lado, a sua não implementação não iria colocar em causa a continuação da operação da Unidade Piloto até ao final do projecto, visto que a época de maior pluviosidade estaria a terminar.

Desta forma, optou-se por não proceder à implementação destas soluções no âmbito do projecto, embora se considere que futuros sistemas de reciclagem de RCD deverão ponderar a sua introdução, de forma a evitar os problemas de colmatção do equipamento, reduzir o desgaste do britador, reduzir a percentagem de eventuais substâncias perigosas e terras nos produtos finais obtidos e garantir uma correcta separação dos materiais por granulometrias.

c) Sistema de minimização de poeiras

De forma a reduzir/minimizar a produção de poeiras o sistema de reciclagem contemplou a instalação de um sistema que permite a humedificação dos resíduos na zona da britagem.

No entanto, nos meses de Verão, altura que em os RCD se encontram mais secos, verificou-se que o processo de reciclagem libertava muito pó. Esta situação era, particularmente, evidente na zona dos crivos e tapetes, onde não existiam sistemas de humedificação para evitar a libertação de poeiras (figura 6.10).

De forma a minimizar este problema, a equipa do projecto projectou e instalou um sistema de minimização de poeiras provisório (com recurso a meios internos da CMMN, sem custos para o projecto), baseado na instalação de tubos de rega no exterior do equipamento (figura 6.11), que permitisse a humedificação dos materiais nos pontos críticos identificados, nomeadamente nas zonas de saída do material nos diversos tapetes do sistema (figura 6.12).

A solução proposta reduziu bastante o nível de poeiras. No entanto, necessitava de melhoramentos, de forma a permitir a sua operação de uma forma mais prática e operacional, sem originar uma humificação excessiva dos materiais. Nesse sentido, foram definidos os materiais necessários para proceder à sua correcta instalação (tubos, roscas, válvulas, adaptadores, tomadas de carga, regulares de pressão, pulverizadores, etc). A sua montagem foi efectuada pelos serviços da autarquia, sem custos adicionais para o projecto.



Figura 6.10 – Poeiras libertadas nos meses de Verão, durante a reciclagem





Figura 6.11 – Aspectos diversos do sistema de minimização de poeiras instalado (provisório e final)



Figura 6.12 – Após instalação do sistema de minimização de poeiras, verificou-se uma redução significativa das mesmas.

d) Armazenamento dos metais removidos no separador magnético

O sistema de reciclagem instalado não previu a existência de uma solução para recolha e armazenamento provisório das fracções metálicas separadas durante a reciclagem. Desta forma, os metais removidos através do separador electromagnético caíam directamente no chão (figura 6.13). Esta situação, originava dificuldades na recolha dos metais que acabavam por se misturar com algum material fino que se acumulava junto ao britador. De forma a resolver este problema foi dimensionado e produzido internamente um contentor metálico (pelos serviços da autarquia), o qual foi colocado por baixo do separador. Este contentor permitir a recolha das fracções metálicas separadas junto ao britador, bem como o seu transporte e descarga (utilizando a retro-escavadora) num contentor de maior dimensões, onde estes materiais são armazenados para posterior envio para reciclagem.



Figura 6.13– Contentor para recolha e armazenamento dos metais removidos no separador electromagnético.

Posteriormente, verificou-se que existia algum material fino que se acumulava dentro do contentor instalado. Este material ficava misturado com os metais sendo difícil proceder à sua remoção. Por outro lado, alguns varões metálicos removidos pelo separador, encontram-se envolvidos por restos de betão que permanecem agarrados, mesmo depois da britagem. Estas situações poderão inviabilizar a recepção dos resíduos metálicos por parte de empresas de valorização. Após algumas tentativas, a primeira situação foi resolvida através da aplicação de uma chapa metálica que permite que finos caiam dentro do recipiente de recolha dos materiais ferrosos. No que respeita à segunda situação não foi encontrar uma solução. No entanto, os materiais têm sido recebidos pelos operadores de gestão destes resíduos sem qualquer problema.

6.3. Problemas e necessidades de melhoramentos no equipamento de pesagem

Os problemas detectados ao nível da operação da balança foram registados durante os primeiros 3 meses de funcionamento da Unidade Piloto e estiveram relacionados com o seguinte:

- a) Dificuldades na utilização do equipamento de pesagem, nomeadamente ao nível da impressão dos talões de pesagem e realização das pesagens. Estas dificuldades estiveram associadas à falta de experiência na operação da balança e foram solucionadas através de contacto telefónico com a empresa fornecedora.
- b) A balança necessitava de ser lavada regularmente, pois a acumulação de lama/terras na plataforma de pesagem afectava o registo das pesagens. No entanto, o projecto da Unidade Piloto não previu a existência de um ponto de água junto à balança. No sentido de solucionar este problema, os serviços internos da autarquia procederam à instalação de um novo ponto de água junto ao equipamento de pesagem, permitindo a lavagem da plataforma da balança sempre que necessário (figura 6.14).
- c) A balança não apresentava segurança, visto que não tinha protecções laterais. Esta situação podia originar um acidente através da queda de um veículo no decorrer da pesagem. Para resolver o problema foram instaladas guardas laterais pelos serviços da CMMN, de acordo com solução proposta pelo grupo de trabalho (figura 6.15).



Figura 6.14– No sentido de remover lamas e terras que se acumulavam na plataforma de pesagem, foi instalado um ponto de água junto à mesma.



Figura 6.15– A plataforma de pesagem não apresentava barras laterais de segurança. No sentido de evitar eventuais acidentes durante a pesagem, foram construídas e instaladas barras de segurança.

6.4. Melhoramentos nas infra-estruturas e vias de circulação interna

a) Pavimentação de algumas zonas de circulação com agregados reciclados

Algumas zonas de circulação e armazenamento de RCD, encontravam-se muito irregulares e apresentavam tendência para formar lama, originando dificuldades de circulação. Estas zonas foram reparadas pelos funcionários da Unidade Piloto, através da aplicação de uma camada de 5 a 10 cm de material reciclado produzido na unidade piloto, que posteriormente foi regada e compactada (figura 6.16). Estes trabalhos foram realizados no âmbito da Tarefa 5 do projecto (Caso de Estudo 3).



Figura 6.16– Aspecto geral das zonas de circulação internas, após aplicação de camada de agregados reciclados (a; b) Aplicação de agregados reciclados na zona de armazenamento dos RCD, com o objectivo de melhorar as condições de armazenamento (c).

b) Definição de zonas de protecção às árvores existentes no local.

De forma a evitar a compactação das zonas em redor das árvores ou a quebra de ramos, foram definidas zonas de protecção, em redor das mesmas, com a dimensão aproximada das respectivas copas. Estas zonas foram demarcadas no terreno com fitas sinalizadoras. Posteriormente, procedeu-se à plantação de pequenos arbustos, com o objectivo de criar uma pequena barreira, que condicionasse a utilização destas zonas (figura 6.17). Estava previsto proceder-se à delimitação de algumas destas zonas com lancis produzidos com agregados reciclados no Caso de Estudo 1, Tarefa 5, mas essa aplicação não foi possível antes do final do projecto. No entanto, e tendo em conta que as peças se encontram disponíveis, as mesmas serão aplicadas com este objectivo no período pós-projecto, caso ao CMMN opte por dar continuidade ao funcionamento da Unidade Piloto (figura 6.18).



Figura 6.17 – Definição de zonas de protecção às árvores existentes, através de fitas de sinalização e plantação de arbustos.

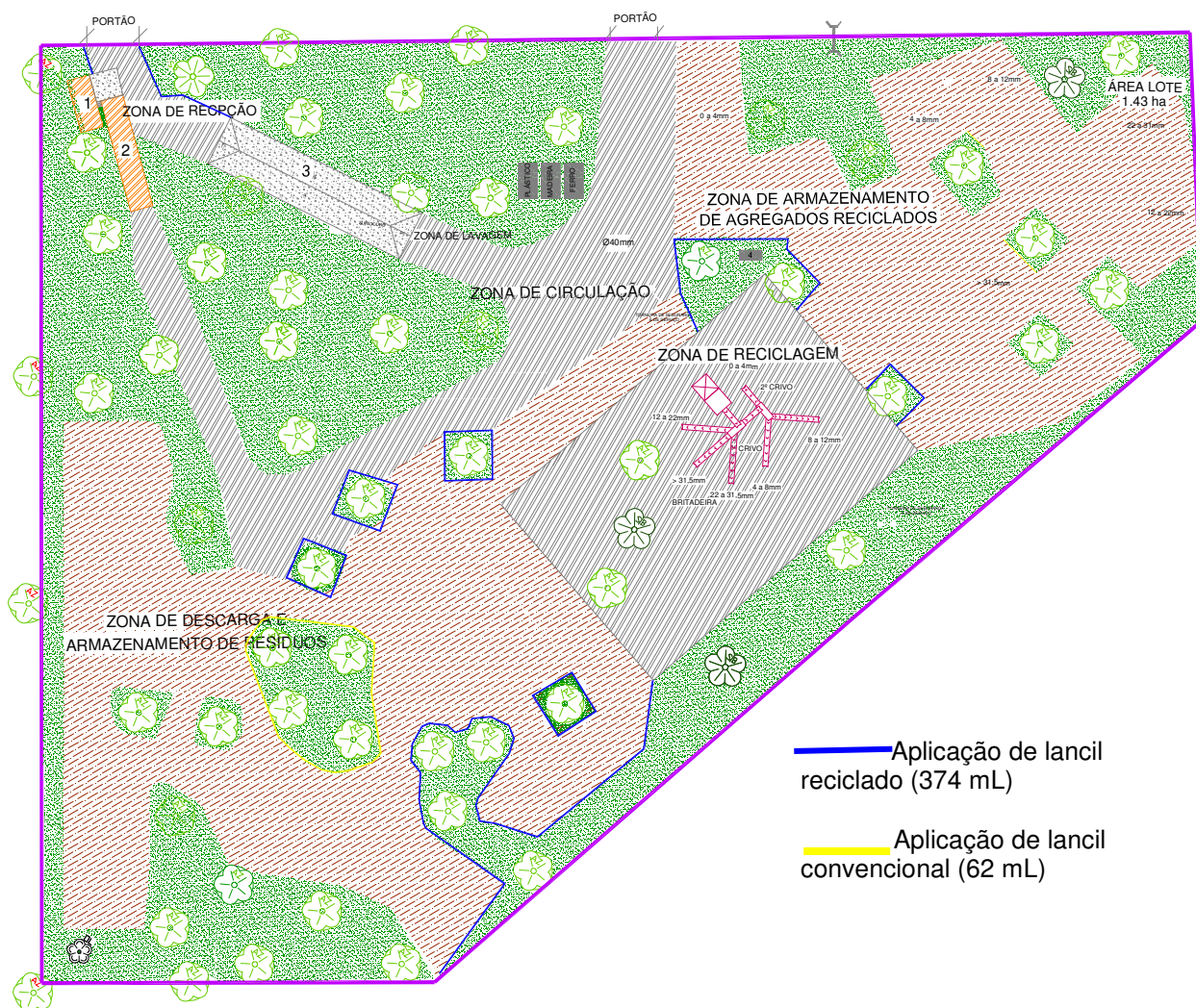


Figura 6.18– Projecto de aplicação de lãncis reciclados na Unidade Piloto de Reciclagem de Entulho

c) Melhoria das condições de armazenamento dos RCD

As zonas de armazenamento dos RCD encontram-se em terra batida, tendo sido melhoradas em alguns locais através da aplicação de agregados reciclados, que garantiram melhores condições de circulação dos equipamentos e evitaram contaminações dos RCD com terras e solo (situação era pouco significativa).

A pavimentação de toda a área de armazenamento com betuminoso trará custos acrescidos, sem grandes vantagens pois, desde que exista cuidado na separação dos RCD na origem não existirão riscos de contaminação ambiental. Considera-se, assim, que estas áreas poderão ficar em terra batida (desde que não existam condicionantes ambientais à sua localização, como é o caso), sendo posteriormente aplicada uma camada de agregado de granulometria extensa, para evitar problemas como os atrás referidos.

Adicionalmente, propõe-se, por uma questão de segurança, a pavimentação de uma pequena área na zona de armazenado, onde seja também instalada uma cobertura, destinada à deposição de RCD de que, por qualquer motivo, se suspeite de contaminação. Assim, estes RCD poderão estar armazenados em condições adequadas até que se proceda à sua remoção para local adequado ou se verifique a sua conformidade.

d) Pavimentação e instalação de cobertura na zona de armazenamento dos resíduos não inertes

A zona de armazenamento destes contentores encontrava-se em terra batida. Por vezes surgiam dificuldades em remover os contentores porque as rodas dos mesmos ficaram enterradas no solo dificultando a sua elevação pelo veículos de transporte.

Esta zona foi pavimentada utilizando as peças (lancis e pavês) produzidas no Caso de Estudo 1 da Tarefa 5, melhorando as condições de recolha e permitindo a aplicação demonstrativa das peças produzidas com agregados reciclados (figura 5.19).

Adicionalmente deveria proceder-se à instalação de uma cobertura para protecção em caso de pluviosidade, pois esta protecção foi assegurada durante o projecto através da utilizar de telas para tapar os contentores. No entanto, o caso dos restos de metais, esta tela danificou-se com frequência sendo uma solução pouco prática, pouco eficiente e onerosa. Assim, considera-se que numa perspectiva futura a cobertura destas zonas deve ser equacionada.



Figura 5.19– Pavimentação da zona de armazenamento temporário de resíduos

e) Estrutura fechada para armazenamento de ferramentas, óleos e combustível

Com o início da operação da Unidade Piloto, detectou-se a necessidade de instalar uma estrutura fechada e coberta, junto ao equipamento de reciclagem, para armazenar o equipamento e ferramentas de apoio à operação de britagem, bem como recipientes com gasóleo e óleos usados. A instalação desta estrutura foi também exigida pela Inspeção-Geral do Trabalho e CCDRA, no âmbito da vistoria efectuada à Unidade Piloto em Outubro de 2006.

Provisoriamente foi instado, junto à plataforma de reciclagem, um pequeno contentor/cabine metálica (já existente nas instalações da CMMN), onde se passou a armazenar o equipamento (figura 6.20). No entanto, está solução não apresentava as dimensões e características necessárias para assegurar o armazenamento dos materiais e produtos em causa, com a devida segurança. De forma a assegurar as condições necessárias, foi instalada uma estrutura coberta, devidamente pavimentada, com dois compartimentos, de forma a permitir o armazenamento separado das ferramentas e dos produtos considerados perigosos e inflamáveis.



a)



b)

Figura 6.20 – Estrutura provisória (a) e final (b), instaladas junto à plataforma de reciclagem, para armazenamento de ferramentas e apoio à operação do sistema de reciclagem.

Adicionalmente, e na sequência do exigido pela CCDRA (no âmbito da emissão da Autorização de Gestão de Resíduos correspondente), foram instaladas, no interior da estrutura acima referida, bacias de retenção em metal, destinadas à retenção de eventuais líquidos libertados acidentalmente durante o armazenamento de combustível e óleos usados. Estas bacias de retenção foram construídas pelos serviços da CMMN (figura 6.21), de forma a apresentarem uma capacidade de retenção idêntica à dos contentores que eram utilizados para armazenar os produtos acima referidos (combustível e óleos usados).



Figura 6.21– Bacias de retenção em metal, construídas pelos serviços da CMMN, de forma a promover o correcto armazenamento de combustíveis e óleos usados na Unidade Piloto. Estas bacias encontram-se num compartimento separado na estrutura coberta instalada junto à plataforma de reciclagem.

f) Condições de armazenamento dos agregados reciclados

A operação da Unidade Piloto demonstrou que por vezes os agregados reciclados apresentam alguma contaminação com folhas e ramos das árvores existentes na Unidade Piloto.

Seria adequado garantir condições de armazenamento que evitassem este tipo de contaminação, principalmente caso se pretenda produzir agregados reciclados de maior qualidade. Esta situação é mais preocupante no caso das britas que poderão ser utilizadas na produção de betão. Este problema poderia ser resolvido criando células ou silos de armazenamento para os agregados reciclados, onde os mesmos fiquem cobertos com uma tela, por exemplo. Outra solução seria o seu armazenamento em contentores metálicos igualmente cobertos com tela. Estes melhoramentos implicariam o abate total ou parcial dos sobreiros e azinheiras existentes na zona de armazenamento dos produtos finais, para o qual será necessário solicitar a respectiva autorização prevista na lei.

6. CONCLUSÕES

Após o pedido de alteração (Set.06), os prazos e objectivos da Tarefa 4 foram cumpridos, tendo-se assegurado um período de monitorização representativo (16 meses).

Foram recicladas 3976 toneladas de entulhos, obtendo-se 3690 toneladas de diferentes tipologias de agregados reciclados, com as seguintes granulometrias: 0-31 mm (2450 ton); 0-4 mm (505 ton); 4-8 mm (79 ton); 8-12 mm (34 ton); 12-22 mm (62 ton); 22 a 31 mm (175 ton); > 31 mm (2450 ton).

A monitorização realizada permitiu obter dados sobre: quantidades e tipologias dos RCD recebidos, grau de contaminação dos resíduos recebidos, quantidades totais recicladas, eficiência de produção de agregados, custos de operação, etc (capítulo 5). Adicionalmente, foram identificadas algumas necessidades de alterações e melhoramentos, por parte da equipa interna da CMMN e dos parceiros do projecto. Alguns dos melhoramentos/adaptações identificados (capítulo 6) não chegaram a ser instalados, pois implicavam custos elevados, já se estava perto do fim do projecto e/ou não foram considerados fundamentais para atingir os objectivos.

Em termos gerais a Unidade funcionou sem problemas significativos, permitindo obter, uma primeira análise, agregados reciclados de boa qualidade que poderão continuar a ser utilizados pela CMMN no período pós-projecto (em situações semelhantes às realizadas no Casos de Estudo 2 e 3). No entanto, deverão ser assegurados novos estudos/ensaio referentes à qualidade dos agregados obtidos, que confirmem os resultados actualmente disponíveis.

Tendo em conta os custos de instalação (388600 euros) e de operação (17000 euros) estimados no projecto, bem como uma recepção média de 3000 ton/ano de RCD, verifica-se que a aplicação de uma taxa de 5 a 6 euro/ton iria permitir suportar os custos de operação/manutenção da infra-estrutura, sem qualquer recuperação do investimento.

No entanto, numa perspectiva de recuperação do investimento, seria necessário aumentar a taxa de recepção. Considerando uma taxa de 10 euros/ton, estima-se um período de retorno elevado (29 anos). Este período poderia ser reduzido, com o aumento da taxa de recepção (por exemplo: aumentando a taxa para 15 euros, o período de retorno seria de 13 anos). Embora as taxas de deposição em aterro sejam normalmente superiores, considera-se que face à realidade local (empresas de construção civil de pequena dimensão), a taxa de recepção de RCD para reciclagem não poderá ser superior a 10 euros, sob pena de aumentar novamente o depósito ilegal destes resíduos.

Como alternativa o período de retorno poderia ser reduzido com a venda do material obtido ou aumentando a área de abrangência a outros concelhos limítrofes, através da realização de parcerias e/ou criação de um sistema intermunicipal para a gestão destes resíduos. Se fosse possível aumentar a recepção de RCD para o triplo, e considerando uma taxa de recepção de 10 euros/ton, o período de retorno seria reduzido para 10 anos; com uma taxa de 15 euros/ton

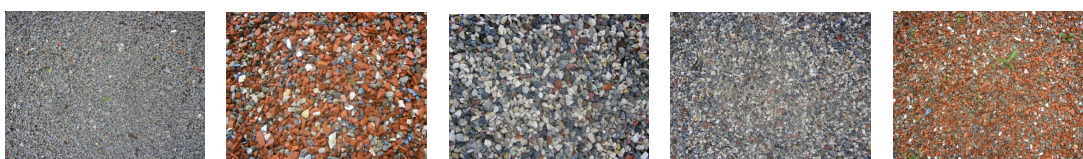
seria reduzido para 6 anos. Neste caso, a viabilidade económica do projecto começa a tornar-se mais interessante.

Durante o projecto, pelo menos 3 autarquias, demonstraram interesse em promover o encaminhamento dos RCD produzidos no seu concelho para a unidade piloto. No entanto, apenas foi recebida uma carga de RCD proveniente do concelho de Arraiolos. O principal entrave terão sido os custos de transporte e a ausência até ao momento, nesses concelhos, de formas práticas de exigir e controlar o destino final dos RCD produzidos. Assim, o alargamento da recepção a outros concelhos, implicaria a realização de um novo projecto, onde se estimem as quantidades RCD previstas, os custos de investimentos de forma a garantir as condições necessárias (equipamento e infra-estruturas), bem como a definição de um plano de sensibilização que envolvesse toda a área de influência e a criação de normas locais em cada concelho que promovessem e permitissem controlar a gestão dos RCD a nível local.

Refira-se ainda que, durante o período de operação da Unidade Piloto, sem qualquer divulgação nesse sentido, foram recebidos cerca de 10 contactos de pessoas interessadas em comprar o material para pequenas obras. Desta forma, considera-se que os agregados reciclados poderão vir a apresentar interesse de mercado. No entanto, o custo destes agregados deverá ser mais reduzido que o custo dos agregados naturais, os quais já apresentam um preço relativamente baixo.

Tendo em conta os benefícios ambientais envolvidos, a CMMN pretende dar continuidade ao processo de reciclagem. Para isso estão previstos, no período pós-projecto, contactos com autarquias limítrofes, de forma a verificar a possibilidade de alargar a recepção a outros concelhos, redefinir o esquema de funcionamento da Unidade Piloto e realizar melhoramentos/adaptações no sistema de reciclagem instalado, os quais estão dependentes da existência de verbas e da renovação das licenças de funcionamento previstas na legislação em vigor.

Para além da continuidade dos trabalhos a nível local, e tendo em conta as visitas e contactos recebidos durante o projecto, considera-se que os resultados desta Tarefa poderão incentivar a criação e apoiar o dimensionamento de novas Unidades de Reciclagem noutras zonas com problemas semelhantes. No entanto, face aos custos envolvidos e ao facto de ainda existir pouca experiência a nível nacional na área da reciclagem de RCD, considera-se que a existência de incentivos à implementação desta infra-estruturas, bem como de estudos/ensaios para avaliar a qualidade aos agregados obtidos e novas aplicações para os mesmos, associada à eventual obrigação de aplicar agregados reciclados em obras públicas (por exemplo), seriam acções fundamentais para promover a reciclagem dos RCD a nível nacional.



ANEXOS I

Estudo Prévio e Plano de gestão florestal / medidas de minimização para a parcela em causa

ANEXOS II

Caderno de Encargos

ANEXOS III

Projecto de Execução

ANEXOS IV

Relatório Fotográfico dos Trabalhos de Instalação

ANEXOS V

Relatório de Avaliação da Exposição ao Ruído

ANEXOS VI

Relatório de Avaliação da Exposição a Agentes Químicos (poeiras)

ANEXOS VII

Metodologia seguida na determinação de contaminantes presentes em agregados reciclados provenientes da Unidade Piloto de Reciclagem de Entulho, no âmbito da Tese “Reciclagem de RCD – Contributo para o controlo do processo” do Mestrado “GESTÃO INTEGRADA E VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS – RAMO ECOMATERIAIS E VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS” da Universidade Nova de Lisboa (versão preliminar)