

Viabilidade Económica de uma Central de Tratamento de Resíduos de Construção e Demolição

Luís H. Pereira, Said Jalali, J. Barroso Aguiar[†]

*Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil
Azurém, P – 4800-058 Guimarães, Portugal*

RESUMO

Nesta comunicação apresenta-se um estudo económico e de viabilidade duma central de reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD) a ser implantada na Zona Norte de Portugal.

Começa-se por fazer a definição da central incluindo implantação e funcionamento interno para produção de agregados de reciclagem para utilização na construção civil. Depois, com base em vários cenários considerados, faz-se a avaliação económica e o estudo de viabilidade da central.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é uma fonte de grandes quantidades de resíduos, que emergem de variados processos, desde a limpeza do local de obras e movimentação de terras (vegetações e terras), até sobras, materiais inutilizados e desperdícios na construção de obras e ainda as demolições e operações de manutenção, restauro e reabilitação de construções previamente existentes.

Tradicionalmente, a maioria dos RCD destinam-se a aterros, frequentemente os mesmos usados para os resíduos sólidos urbanos (RSU), que nem sempre oferecem as condições que seriam desejáveis para lidar com os diversos resíduos que recebem. Dada a crescente falta de espaços para aterros e perante o agravamento de custos que advém das novas técnicas de aterros, com maiores cuidados de protecção ambiental, torna-se claro que a diminuição de volumes de RCD por meio da sua reutilização e reciclagem aliviaria as pressões sobre o processamento dos RSU. De resto, também em termos de boa gestão dos resíduos e diminuição do impacte ambiental – orientações cada vez mais seguidas na comunidade europeia –, uma política virada para a reutilização e reciclagem é uma solução com potencial elevado.

Quando se fala em reciclagem de RCD tem particular importância os materiais incluídos no chamado “núcleo de resíduos”. Este é composto essencialmente pelos resíduos que se obtêm em trabalhos de construção, demolição ou remodelação, excluindo movimentos de terras, instalações gerais – como canalizações, tubagens, rede eléctrica e telefónica – e vegetação proveniente de limpezas (Symonds Group, 1999).

Das matérias que constituem os resíduos de construção e demolição, podem ser reaproveitadas e recicladas porções que incluem betão, tijolos, metais e asfalto usado. A reciclagem e reutilização de RCD já são feitas regularmente em locais de processamento em vários países, principalmente em grandes áreas metropolitanas e encontra-se em crescimento

[†] Autor para quem a correspondência deverá ser enviada (aguiar@civil.uminho.pt)

por todo o mundo. Para a comercialização ser efectiva, o material processado tem que ser libertado de componentes deletérias como madeira e plástico, e ser capaz de satisfazer granulometrias e outros requisitos de qualidade respeitantes aos agregados.

A implementação de centrais de reciclagem que permitissem transformar as grandes quantidades de materiais inutilizados em matéria-prima para novas construções iria não só reduzir as quantidades de recursos primários consumidos, como também a necessidade de espaços para deposição das grandes quantidades de RCD. Minimizavam-se ainda as necessidades de transporte de agregados e resíduos, bem como alguns impactos ambientais inerentes à exploração de materiais primários.

Assim, estudando a viabilidade económica uma central de reciclagem para produção de agregados, está-se a ponderar sobre a possibilidade real de pôr em funcionamento uma tecnologia que pode otimizar o processo construtivo num núcleo urbano, tornando-o mais eficaz na utilização dos recursos naturais que dispõe.

2. PROCESSAMENTO DOS RCD E FUNCIONAMENTO DA CENTRAL DE RECICLAGEM

2.1. Separação na Origem

É fundamental tanto para a qualidade como para o custo de produção dos agregados reciclados, que os materiais a serem reciclados se apresentem separados por fluxos e, principalmente, desprovidos de materiais considerados contaminantes. Esta separação deve, para todos efeitos, ser máxima, dando preferência a materiais ditos limpos, i.e., elementos apenas de betão ou apenas cerâmicos, não contendo quantidades significativas de outros materiais minerais e especialmente não contendo matérias orgânicas ou materiais leves.

A separação deve ser feita na origem através de demolição selectiva e recolha selectiva de resíduos, já que a separação em estaleiro, pode tornar inviável a reciclagem numa central com as características da definida neste estudo. Isto devido à falta de soluções eficazes para separação de resíduos com demasiados materiais misturados e contaminações impregnadas, ou porque certas soluções que poderiam ser utilizadas tais como separação mecânica, manual, por imersão ou por correntes de ar tornam o processo demasiado oneroso, o que se reflecte sobre o preço de venda dos agregados de resíduos reciclados.

Assim, a recolha em estaleiro de demolição e de construção deverá prever contentores com separadores para materiais como o betão, alvenarias, cerâmicas, de materiais como madeira, papel, plásticos, isolantes ou gesso. Outra hipótese seria dispor de dois ou mais contentores (ou outros recipientes) de recolha por cada obra que permitissem fazer a referida separação local.

2.2. Recepção dos RCD e armazenamento inicial

Todas as entradas e saídas de material, são controladas por uma balança própria com pelo menos 12 m de comprimento, sendo registadas as quantidades e características dos materiais movimentados.

Deverá ser prevista no edifício da portaria uma estrutura elevada que possibilite a inspecção visual do material à entrada aquando da pesagem. Em caso de dúvida ou incerteza quanto às características da carga, será feita uma inspecção mais pormenorizada.

Deve ser feita uma inspecção posterior aquando da descarga para garantir a qualidade do material aceite.

Os *stocks* de recepção de resíduos poderão ser separados fisicamente, por placas ou paredes.

Todos os *stocks* de material devem estar devidamente identificados e cabe ao responsável identificar e supervisionar as acções de depósito e carga de material. Deverá também indicar as zonas de descarga e controlar a qualidade do material depositado.

Nas zonas de recepção de resíduos, deverá ser feito um tratamento de impermeabilização do solo por intermédio dum tela própria, com vista a conduzir os efluentes contaminados para uma zona de recolha de águas que serão posteriormente analisadas, e se tal for necessário tratadas.

2.3. Pré-triagem e Separação Inicial

Os fluxos de betão armado, em particular os elementos de dimensões maiores, são depositados numa zona própria onde, por intermédio dum martelo hidráulico são reduzidas em dimensão e com a ajuda dum pinça demolidora lhes são retiradas a maioria das armaduras. O aço proveniente das peças de betão armado é armazenado em contentores e reencaminhado para siderurgia, para ser reciclado.

Os fluxos separados de materiais limpos como betão, tijolos, cerâmica, ou fluxos misturados de materiais minerais não contaminados – betão, alvenarias, pedras –, passam por um processo de pré-segregação (crivo primário) com o objectivo de remover a fracção 0-5 mm sendo o restante material encaminhado para britagem.

Qualquer redução de tamanho para adequar os resíduos à britadora poderá ser feita com auxílio da escavadora munida de martelo ou tesoura hidráulica.

Qualquer necessidade de retirar armaduras ou peças de maiores dimensões ou peso como metais, elementos de madeira, isolamentos, poderá ser feito com a tesoura hidráulica.

Quanto aos materiais aceites que apresentem contaminações, são encaminhados e depositados numa zona diferente, de onde entrarão num circuito de triagem (mecânica e manual) do qual deverão sair suficientemente limpos para prosseguirem o processamento normal como materiais minerais não contaminados.

2.4. Triagem e Selecção dos Fluxos Contaminados

2.4.1. 1ª Etapa – Triagem / Pré-selecção

Os resíduos que dão entrada na estação, são depositados numa zona própria passando daí a uma primeira fase de triagem, onde são retirados os maiores elementos e de maior visibilidade, que são indesejáveis para este tipo de reciclagem como madeiras, papéis, metais, isolamentos, e que passaram na inspecção à entrada. Esta pré-selecção poderá ser manual ou com o auxílio dum máquina de pinças ou tesouras.

Os fluxos de materiais que são retirados podem ser armazenados separados, para posterior reencaminhamento a mercados de reciclagem e valorização paralelos.

2.4.2. 2ª Etapa – Triagem / Selecção

A massa de resíduos é de seguida dirigida para uma unidade de triagem munida de grelha vibratória, cabina de triagem manual, e separador magnético. Esta instalação permite a separação dos diferentes fluxos de resíduos, como os plásticos, madeira, metais, papel e cartão.

A passagem por um crivo permite separar as areias com granulometria entre 0 e 5 mm. Destes processos, deverão resultar separadas as seguintes fracções:

- resíduos diversos (papel e cartão, plásticos, madeira, metais e outros);
- minerais: fracção fina (entre 0 e 5 mm);
- minerais fracção média e grossa: prosseguem para tratamento.

Os grandes elementos, por exemplo de betão armado, cujas dimensões serão demasiado grandes para as máquinas de tratamento, deverão ser levados para uma zona onde, com a ajuda de tesouras ou martelos hidráulicos, serão reduzidos e as eventuais armaduras serão arrancadas e depositadas em contentores.

Fluxos de resíduos perfeitamente separados não passam por esta instalação de triagem.

Existem outros processos de separação que se podem utilizar conjuntamente ou não com os processos convencionais já referidos:

- Separação Mecânica dos Resíduos
- Separação Via Húmida (por densidade)
- Separação por Correntes de Ar

2.5. Britagem e Crivagem

Os materiais a serem britados serão constituídos apenas por resíduos seleccionados – de determinado fluxo de materiais ou de fluxos misturados minerais – de forma a resultarem valores de contaminação mínimos.

A britagem é feita por intermédio de uma britadora de impacto também conhecida como impactor ou por uma britadora de maxilas, onde os materiais são reduzidos às dimensões desejadas. Os parâmetros reguláveis da britadora devem ser ajustados consoante o tipo de material a ser britado e, em especial, consoante o tipo de produto que se pretende obter.

À saída da britagem, o produto britado passa por um separador magnético que retira os restos de metal ainda existentes no fluxo. Estes são reencaminhados conjuntamente com os resultantes de outras etapas do processo de reciclagem.

O material resultante da britagem é um 0-80 mm (pode servir para um *tout-venant* de qualidade).

Para obtenção de parcelas comercializáveis com vista a outras aplicações o produto britado passa por um crivo que separa as diversas parcelas. A fracção > 50 mm pode ser separada e voltar a ser processada por britagem, enquanto que a outra fracção poderá ser crivada e graduada em subfracções (0-5; 5-15; 15-25; 25-50;).

Obtemos uma parcela de finos (0-5 mm) – areias – que poderá ser misturada com fracções superiores (não ser separada) com vista a conseguir uma granulometria desejável para certas aplicações como sub-bases de estradas.

À parcela de finos de britagem não se deverá juntar os finos resultantes da pré-britagem provenientes da passagem pelo crivo primário, pois estes últimos geralmente contêm percentagens consideráveis de partículas finas contaminantes, como gesso, matérias orgânicas e poeiras diversas.

As parcelas de finos em geral poderão servir para aplicação em vários campos como o acondicionamento de condutas, drenagens, misturas com matéria vegetal para produção de solos de jardinagem.

As restantes parcelas constituem britas de material reciclado, de diferentes fracções, que poderão ter aplicações como bases de estradas, drenagens, agregados para pavimentos, enchimentos estruturais. Estas parcelas poderão ser recombinadas entre si em misturas

definidas pelo utente final, ou em misturas próprias pretendidas pelo reciclador que constituem a gama de produtos oferecida.

2.6. Armazenamento e Saída dos Produtos Finais

Todos os stocks que não estejam separados fisicamente deverão ser separados por uma distância na base de pelo menos 4 m para garantir não existirem misturas entre stocks, e para facilitar as operações de armazenamento e cargas e descargas, nomeadamente dos veículos intervenientes nessas operações.

Todos os stocks de material devem estar devidamente identificados e cabe ao responsável identificar e supervisionar as acções de depósito e carga de material.

A passagem pela báscula à saída permite precisar a quantidade de material carregado.

Nas figuras 1 e 2 apresentam-se o funcionamento geral e a implantação da central para produção de agregados de reciclagem.

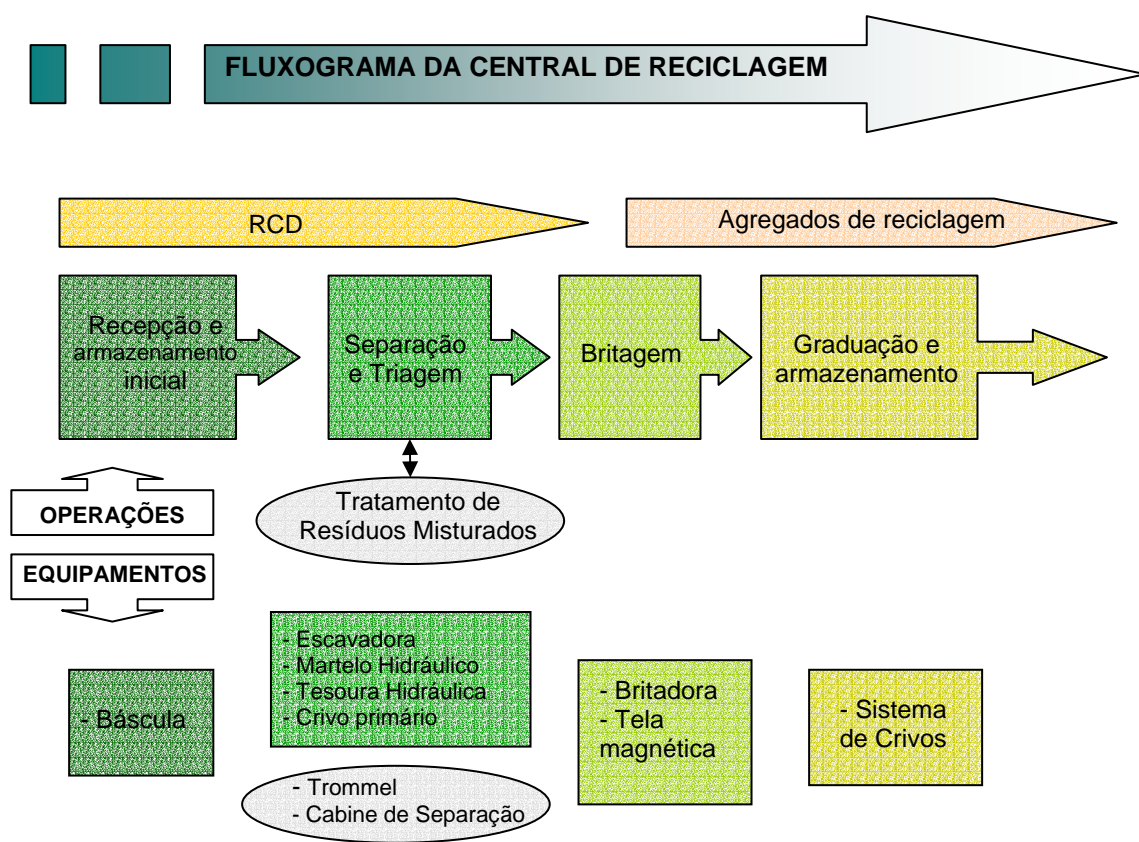


Figura 1 – Fluxograma representativo do funcionamento interno da central de reciclagem.

Planta da Central de Reciclagem

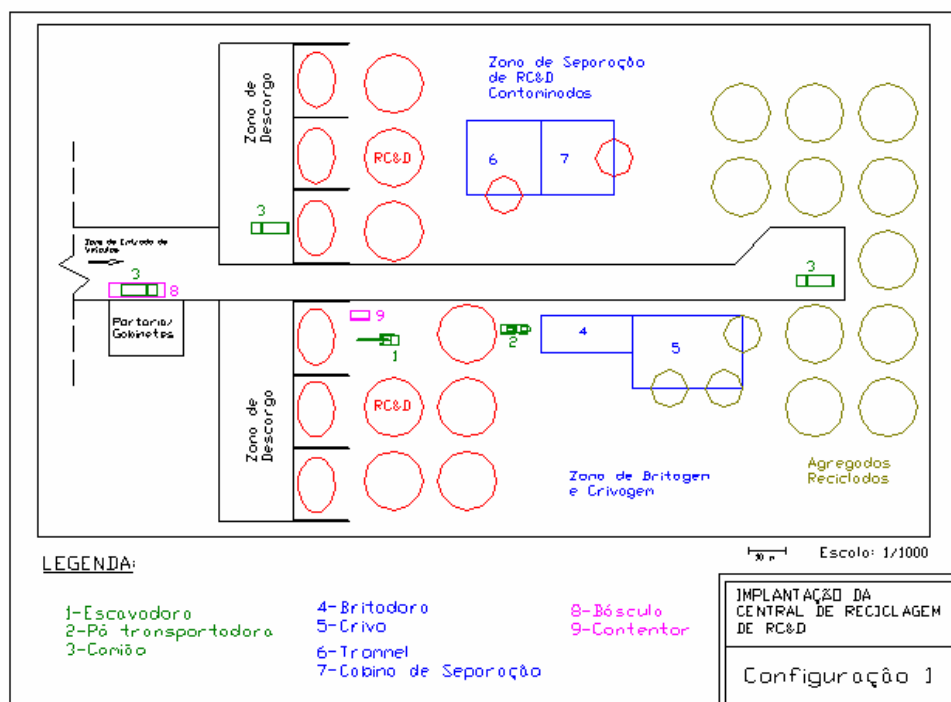


Figura 2 – Configuração em planta da central de reciclagem, incluindo esquema de separação de RCD mecanizado.

3. ESTUDO ECONÓMICO E DE VIABILIDADE

A viabilidade económica é um ponto muito sensível e com peso fundamental na definição de todo o processo de dimensionamento e configuração da central de reciclagem, processos utilizados, materiais a receber e produtos finais desejados.

Assim, tendo em vista a previsão e quantificação dos custos de reciclar e os retornos de aceitação de resíduos e vendas do produto reciclado, procedeu-se a um estudo económico e de viabilidade.

A central proposta é localizada numa zona de abrangência que inclui o Grande Porto, sendo apoiada por um sistema de encaminhamento de resíduos recolhidos nesta zona. Note-se que é essencial abranger a região do Grande Porto tendo em conta que é a zona de maior densidade populacional e o principal núcleo urbano da Zona Norte, sendo portanto a origem da maior parcela de resíduos e a zona onde são consumidos maiores quantidades de materiais, em termos do sector de construção.

A população abrangida que foi considerada é a da zona do Grande Porto reduzida de 10% (como margem de segurança), ou seja, uma população estimada de cerca de 1 100 000 habitantes.

Tendo em conta os valores indicados pelo estudo de caracterização dos RCD efectuado iriam ser produzidos, em termos de núcleo de resíduos, cerca de 325 Kg per capita por ano, i.e. aproximadamente de 360 000 t.

Todos os preços adoptados fundamentam-se em preços correntes de actividades associadas, custo de aterros e preços de venda de matérias-primas. É sempre considerado um preço que permita cativar os produtores de resíduos e os consumidores de agregados, tendo em conta as alternativas existentes e os seus custos.

Na análise de custos, o período de amortização considerado, tendo em vista o tipo de equipamento de grande desgaste foi de 5 anos. Este valor foi escolhido por ser o corrente para investimentos industriais deste tipo, e tendo em atenção o recomendado pelos fabricantes destes equipamentos.

Note-se que na realidade estes equipamentos têm um período de vida útil superior a 5 anos, dependendo também do nível de utilização empregue. Ou seja, os equipamentos ainda têm ao fim dos cinco anos – em que o seu valor inicial e juros do empréstimo são cobertos pelos ganhos de produção – um valor residual significativo. No entanto, impôs-se como condição a amortização em 5 anos do valor total de equipamentos e terreno, através da amortização do empréstimo do total desse valor mais juro. Estas condições são conservadoras, tendo até em conta por um lado que o terreno é um bem considerado de vida útil infinita e que, por outro, não são contabilizados os valores residuais dos equipamentos.

Por outras palavras, ao fim de 5 anos o proprietário da Central de Reciclagem teria as máquinas e o terreno totalmente pagas, e os ganhos do funcionamento da central seriam maiores, tendo apenas as necessidades de despesas de funcionamento e pessoal envolvido, renovação de equipamentos ou investimento futuro.

Este estudo assenta ainda numa perspectiva linear da evolução dos ganhos e custos associados à actividade da central, i.e., tem-se uma noção média dos custos e ganhos anuais para os 5 anos considerados. Num estudo mais pormenorizado e exacto, dever-se-iam ter em conta que os gastos e os proveitos teriam fases características ao longo do tempo, com a influência do investimento inicial no princípio e o funcionamento pleno da produção a ser apenas atingido a partir duma certa fase.

Saliente-se ainda que este estudo não entra em conta com as considerações fiscais associadas ao projecto, que são um dado muito importante a incluir num estudo mais aprofundado de viabilidade económica.

O processo de reciclagem é considerado viável quando as receitas provenientes do processo de reciclagem excedem os custos associados à central de reciclagem.

Se considerarmos apenas o funcionamento interno da central, i.e., os custos de transporte não incluídos (o transporte será um processo paralelo), temos o seguinte modelo simplificado da eq. (1), (Hendriks, Ch. F.; Pietersen, H. S., 1999):

$$(GE + GV) > (DC+DF) + \text{margem de lucro do reciclador} \quad (1)$$

Sendo:

GE = Totalidade de ganhos devido à entrada de RCD na central através da taxa de aceitação dos resíduos

GV = Totalidade de ganhos provenientes da venda dos agregados reciclados

DC = Totalidade das despesas fixas ou de capital, i.e. despesas iniciais. São aqui considerados factores como o capital inicial (compra do equipamento) – incluindo o custo do empréstimo, distribuído ao longo do tempo de vida útil considerado –, e os custos fixos associados ao terreno (alugado ou próprio)

DF = Totalidade das despesas provenientes dos custos de funcionamento (manutenção, mão-de-obra, consumo de energia, etc.)

É corrente considerar aceitável uma margem de lucro de 10 – 15 %

Para este estudo económico (Pereira, L.H., 2002) foram analisadas várias situações – cenários – possíveis, com vista a conseguir determinar quais as situações mais favoráveis e as mais desfavoráveis para o funcionamento da central de reciclagem:

- Cenário 1 – Britadora de impacto e triagem manual integrada.
- Cenário 2 – Britadora de mandíbulas e triagem manual integrada.
- Cenário 3 – Britadora de impacto e sistema especializado de separação de resíduos contaminados.
- Cenário 4 – Britadora de mandíbulas e sistema especializado de separação de resíduos contaminados.

Duma forma geral a Britadora de Impacto tem menores custos iniciais (preço de compra, mas tem custos de funcionamento (consumos e manutenção) mais elevados.

Já os cenários com sistema especializado de separação (trommel e cabina de separação), acrescem essencialmente do custo extra que estas unidades implicam (fixos e de funcionamento) mas, por outro lado, permitem receber na central materiais com um grau de contaminação mais elevado (até cerca de 25% de contaminação) em relação a um processo sem separação especializada (limite de aceitação de 10% de contaminação).

Dentro de cada cenário consideram-se três situações diferentes:

- A) situação “optimista” - 45 % do mercado dos RCD para a central
- B) situação intermédia - 35 % do mercado dos RCD para a central
- C) situação “pessimista” - 25 % do mercado dos RCD para a central

O factor que varia são as quantidades de RCD a darem entrada e a serem processadas na central.

Para dar uma imagem da dimensão da central aqui definida diga-se que esta iria produzir entre 55 000 e 115 000 t de agregados de reciclagem por ano, o que daria para construir 25 a 50 km de estrada com 10 m de largura.

Entre 20 000 m³ a 40 000 m³ de agregados grossos seriam produzidos anualmente na central, o que representa entre 0.7 a 1.5 % do total de agregados grossos utilizados em betão pronto no Norte de Portugal.

4. RESULTADOS

O quadro 1 e a figura 3 apresentam o resumo dos resultados do estudo económico efectuado.

Quadro 1 – Resumo dos valores finais obtidos para cada um dos cenários estudados

	(ano)											
	Cenário 1			Cenário 2			Cenário 3			Cenário 4		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Custos (milhares de euros)	632	592	513	633	595	520	738	690	592	740	693	598
Ganhos (milhares de euros)	906	704	503	906	704	503	1047	814	582	1047	814	582
Margem de Lucro (% sobre ganhos)	30.3	16.0	-2.0	30.1	15.5	-3.3	29.5	15.3	-1.7	29.3	14.9	-2.9

Gráfico Comparativo dos Diferentes Cenários Estudados

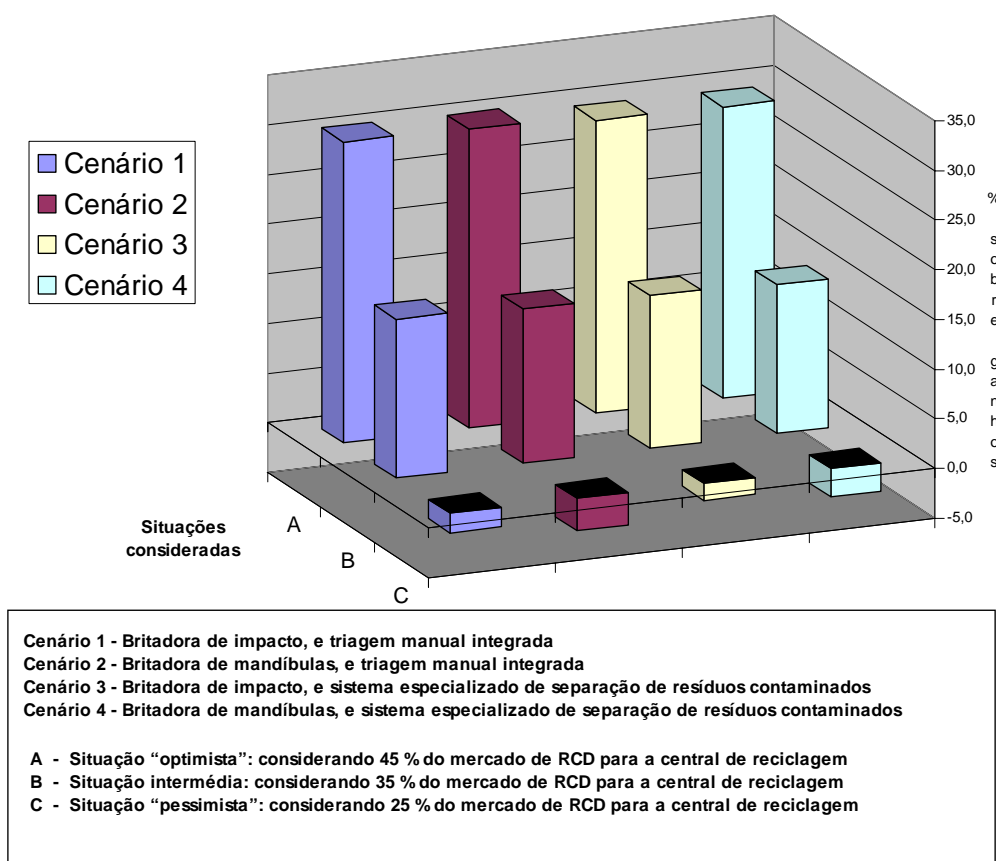


Figura 3 – Gráfico comparativo dos diferentes cenários estudados.

Como se pode constatar, os cenários estudados não divergem grandemente uns dos outros, sendo que a viabilidade económica duma central de reciclagem é possível perante condições favoráveis para o desempenho da actividade.

Perante os valores apresentados em cada cenário, saliente-se o facto de uma central de reciclagem deste tipo depender duma entrada de grandes fluxos de material, de forma a não só rentabilizar ao máximo os equipamentos, mas a obter quantidades e receitas suficientes para cobrir os grandes investimentos e consumos envolvidos. Assim, e tendo em conta que a análise foi feita em termos de uniformização média anual de todos os valores envolvidos, as interpretações possíveis serão sempre referidas a condições normais de funcionamento, conforme o estipulado em cada cenário.

No entanto, na realidade, os fluxos de RCD não são uniformes e constantes, mas sim variáveis consoante as demolições e construções existentes. É ao poder tirar partido destas oscilações, ou ao tornar logisticamente possível abranger maiores áreas, que o equipamento móvel poderá compensar. Caso não se tire verdadeiro partido da mobilidade do equipamento, será então preferível recorrer a equipamento semelhante mas fixo, podendo assim tirar partido dos preços até 20% mais baixos desses equipamentos.

Perante um horizonte de exploração de 5 anos para amortização do total do investimento para terreno e equipamentos, situação bastante exigente para o nível de investimento considerado, é compreensível que as quantidades de RCD necessárias para satisfazer estas condições tenham que ser muito grandes, o que, num universo de 357 000

ton/ano de RCD do núcleo de resíduos seja necessário abranger uma fatia significativa desse total.

Por outro lado, está-se a considerar que passados 5 anos, a margem de lucro média considerada iria aumentar, dado já não existir a parcela anual de despesas proveniente do pagamento do empréstimo. Então, caso as despesas de investimento ou renovação não forem demasiadas, teremos um salto substancial da margem de lucro a partir do fim do quinto ano.

Uma hipótese, caso se conseguirem contornar os problemas económicos relacionados com as distâncias seria tentar abranger também outras zonas, ou então, incluir também materiais de outras actividades industriais, tais como cerâmica, extractiva, etc.

Perante a magnitude do panorama global do investimento e custos de funcionamento, a diferença entre utilizar uma britadora de impacto, mais barata mas com custos de manutenção e funcionamento mais elevados, ou uma britadora de mandíbulas, mais cara mas menos dispendiosa na manutenção e funcionamento, não é significativa. Sendo que, devido ao nível de aplicação considerado, a melhor qualidade e maior variedade de aplicação dos materiais produzidos pela britadora de impacto não foi aqui tida em conta.

Uma questão que é da maior importância, e na qual assentam muitos dos pressupostos desta análise é a existência duma recolha separada ou separação dos RCD na origem por parte dos produtores de resíduos.

Em relação à separação dos materiais, contando que a separação seja eficaz e que, tal como o estipulado, se permita com a inclusão de um sistema próprio de separação receber muito mais quantidades de material para processar, pode tornar-se compensatório investir num sistema de separação especializado. Por outro lado, será talvez uma aposta mais segura basear o processo numa selecção na origem dos resíduos, e um limite mais apertado de aceitação do material, sendo que embora as quantidades recebidas para processamento possam ser menores, não são envolvidos os elevados custos duma separação especializada. Além do mais, a melhor separação é já partir de materiais separados.

Nas circunstâncias consideradas a central de reciclagem depende de quantidades de materiais a processar bastante elevadas o que, tendo em conta a parcela de mercado que seria necessário abranger para o sucesso do empreendimento, leva a pôr em questão a competitividade económica do empreendimento. No entanto, no panorama geral esta situação é ilusória, uma vez que não se está a ter em conta a poupança geral em termos de custos energéticos do aproveitamento dos materiais recicláveis, nem as vantagens ambientais de preservar as reservas de produtos naturais não renováveis (Gonçalves, A. P., 2001).

Assim, instalação duma central fixa de médias dimensões pode ser economicamente viável, mediante condições estritas, tais como:

- boa localização, tirando partido da concentração duma fatia substancial dos RCD;
- área predominantemente urbana;
- sistemas de recolha de RCD evoluídos;
- abertura do mercado ao produto reciclado;
- consideração das vantagens ambientais do processo.

5. CONCLUSÃO

Efectuou-se um estudo de viabilidade económica de uma central de tratamento de RCD na Zona Norte de Portugal. A implementação deste tipo de centrais irá reduzir as quantidades de recursos primários consumidos e diminuir a necessidade de espaços para deposição de grandes quantidades de RCD.

Uma central fixa pode ser economicamente viável se tiver uma boa localização, predominantemente urbana. A sua rentabilização depende da entrada de consideráveis fluxos de RCD. A qualidade dos materiais produzidos pela central vai depender da evolução dos sistemas de separação dos RCD. Para isso será necessário prever um sistema próprio de separação ou basear o processo numa separação na origem.

Para o sucesso de uma central de tratamento de RCD contribuirão, ainda, outros aspectos como a abertura do mercado aos agregados reciclados e consideração das vantagens ambientais.

6. REFERÊNCIAS

Gonçalves, A. P., Viabilidade Económica de Betão com Agregados Grossos Reciclados, Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, (2001).

Hendriks, Ch. F., Pietersen, H. S., Sustainable Raw Materials, Relatório da comissão técnica do RILEM, 165-SRM, RILEM Publications S.A.R.L., (1999).

Pereira, L. H., Utilização de Resíduos de Construção e Demolição na Construção: Aplicação na Zona Norte de Portugal, Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Minho, (2002).

Symonds Group em associação com ARGUS, COWI e PRC Bouwcentrum, Construction and Demolition Waste Management Practices, and Their Economic Impacts, Relatório para a Comissão Europeia, DGXI, 1-4, 43-97, (1999).