

DIAGNÓSTICO E TENDÊNCIAS NAS TECNOLOGIAS APLICADAS A RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Raul Oliveira Neto (*), Carlos Otávio Petter

* Minerar Consultoria e Projetos em Mineração e Meio Ambiente, raulneto57@gmail.com

RESUMO

O presente artigo apresenta a situação atual dos modelos de processamento de resíduos sólidos da construção e demolição (RCD), com vistas a reciclagem e que vem sendo adotados em países desenvolvidos. A partir desta análise procura-se mostrar qual o caminho ou alternativa mais adequada ao caso do Brasil no contexto de uma visão geral e atual sobre a gestão de RCD. Foi empregada metodologia baseada na revisão bibliográfica com coleta de dados, visitas em unidades de processamento e reciclagem de RCD, análise, organização e conclusões. Como resultado da pesquisa estão os dados acerca dos tipos e modelos de gerenciamento de RCD adotados em países desenvolvidos, incluindo quantitativos e fluxogramas de processamento dos materiais, nível de tecnologia, avanços e tendências. Conclui-se sobre a necessidade de desenvolver pesquisas mais aprofundadas no sentido da aplicação de processos com equipamentos mais sofisticados para se obter produtos que possam ser reciclados para reutilização mais nobres como os concretos tanto nos países analisados como no Brasil. O incremento de unidades de processamento dos RCD para a reciclagem básica também deve ser incentivado para atingir níveis de reaproveitamento maiores visando maior sustentabilidade dos setores da construção civil e da mineração de agregados.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos da construção e demolição, RCD, gestão, tecnologias.

ABSTRACT

The present article presents the current situation of the models of solid waste processing of construction and demolition (CDR), with a goal to recycling and show how those models are being adopted in developed countries. From this analysis we try to show which path or alternative is best suited to the case of Brazil in the context of a general and current view on CDR management. The methodology that was used based on the bibliographic review with data collection, visits in processing and recycling units, analysis, organization and conclusions. As a result of this research were obtained data on the models of CDR management adopted in developed countries, including quantitative and material flow diagrams, technology level, advances and trends. It is concluded that there is a need to develop more in-depth research into the application of processes with more sophisticated equipment in order to obtain products that can be recycled for re-use, such as concretes both in developed countries and in Brazil. The increase in CDR processing units for basic recycling should also be encouraged to achieve higher levels of reuse in order to increase the sustainability of the construction and aggregate mining sectors.

KEY WORDS: construction and demolition waste, CDR, management, technologies.

INTRODUÇÃO

O tema da reciclagem de resíduos de construção e demolição tem sido objeto de estudos e pesquisas desde a década de 1970, e as principais razões para esses estudos são a crescente conscientização da importância da reciclagem de resíduos de todas as fontes no contexto de "Desenvolvimento Sustentável" (Pacheco-Torgal et al., 2013). Os governos inseridos nesse contexto começaram a realizar pesquisas para estimar o nível de geração de resíduos a partir da construção e demolição e os números são verdadeiramente alarmantes.

Na União Europeia (UE), os resíduos de construção e demolição (RCD) são um dos fluxos de resíduos mais pesados e mais volumosos gerados, e é um setor prioritário para investimentos. A indústria da construção gerou mais de 850 milhões toneladas por ano de resíduos em toda a UE em 2008, aproximadamente 33% de todos os resíduos produzidos (Staunton et al., 2015).

A legislação tem um papel importante na reciclagem de RCD, e neste sentido, através da *Waste Framework Directive 2008/98/EC (WFD)*, os países membros estabeleceram um objetivo ambicioso de atingir um nível de 70% para a recuperação de resíduos gerados na construção locais de construção de obras públicas até o ano 2020. Esses regulamentos forçaram ainda mais investimento financeiro em pesquisa projetos para desenvolver tecnologias de triagem de RCD cada vez mais eficiente para gerar produtos reciclados com usos na fabricação de materiais de construção. No entanto, as



1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

GRAMADO-RS

12 a 14 de junho de 2018

estatísticas da EU 2011 mostraram que o nível de reciclagem e recuperação de materiais varia muito, entre menos de 10% e mais de 40%. Por exemplo, em 2012, a taxa de valorização do RCD atingiu 95,5% na Alemanha e o principal objetivo das partes envolvidas era manter essa taxa no futuro.

OBJETIVO

O principal objetivo é apresentar a situação atual dos modelos de processamento de resíduos sólidos da construção e demolição (RCD), com vistas a reciclagem e que vem sendo adotados em países desenvolvidos e o Brasil, apontando as tendências e melhorias necessárias no sentido de incrementar a quantidade e qualidade dos produtos gerados. O trabalho foi desenvolvido como parte de pesquisa maior realizada para fins de embasamento de uma avaliação técnica e econômica mais aprofundada neste último aspecto.

METODOLOGIA

Para realização da pesquisa foi empregada metodologia baseada na revisão bibliográfica com coleta de dados, visitas em unidades de processamento e reciclagem de RCD, análise, organização e conclusões. Os estudos se concentraram em artigos científicos atuais, apresentados em conferências e congressos internacionais e publicados em revistas científicas renomadas.

Os elementos analisados foram amplamente discutidos com equipe de profissionais que atuam na pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para o processamento e reaproveitamento dos RCD e fez parte de projeto que desenvolvido no âmbito do programa CAPES-COFECUB em convênio entre a UFRGS/LAPROM e IFSTAR-Nantes/França.

Portanto, este trabalho considera dados obtidos de projetos similares, dados publicados em literatura especializada e publicações de organizações e instituições governamentais. A experiência do autor foi importante para fornecer ajustes através da discussão e análise.

RESULTADOS

Entre os países cujas quantidades de geração RCD são conhecidos, a França tem uma média de 359 milhões de toneladas por ano (ADEME, 2011) e Reino Unido (UK) tem uma média de 90 milhões de toneladas por ano (Williams e Turner, 2011). Estes dois países representam cerca de 70% dos resíduos estimados geração na Europa.

Entre os países cujas quantidades de geração RCD são conhecidos, a França tem uma média de 359 milhões de toneladas por ano (ADEME, 2011) e Reino Unido (UK) tem uma média de 90 milhões de toneladas por ano (Williams e Turner, 2011). Estes dois países representam cerca de 70% dos resíduos estimados geração na Europa.

Os processos de classificação de RCD realmente usados em usinas de reciclagem variam muito entre os países e entre regiões do mesmo país. Por exemplo, o inventário dado pela agência francesa de energia (ADEME, 2011) mostra uma grande variabilidade em termos de tecnologia e processo usado para plataformas de reciclagem.

Para confirmar este fato, o Conselho Geral Francês do Meio Ambiente Desenvolvimento Sustentável (CGEDD, 2015) observa que existe falta de investimento para atingir os objetivos da WFD. As mesmas observações são publicadas na pesquisa acadêmica estudos (Paula e Leroy, 2014). Estudos em 2014 indicaram que A França reciclou 50% da quantidade total de C & DW gerados.

Este contexto deu direcionamento para alguns programas de pesquisa, que têm objetivos de definir ferramentas tecnológicas para respeitar as metas da WFD. Por exemplo, o tema do programa europeu C2CA (C2CA, 2016) são as tecnologias avançadas para a produção de agregados de RCD reciclados para uso em cimento. Além dos aspectos tecnológicos do processo de triagem, o impacto econômico do concreto sustentável foi incluído no escopo do trabalho de pesquisa. Na continuidade, o projeto europeu denominado HISER (HISER, 2016) começa em 2015. A parceria acadêmica

e industrial quer otimizar o processo de classificação para materiais aplicados na construção civil. Essa otimização da reciclagem poderia tratar uma maior quantidade de RCD.

No entanto, analisando uma listagem dos tipos de processo de classificação na visão geral sobre a gestão da RCD (Pacheco-Torgal et al., 2013), três níveis técnicos ou tecnológicos para as plantas de processamento são identificados:

- Nível 1: separação prévia manual, mecanizada, magnética e processamento contínuo com britagem e peneiramento (Figura 1);
- Nível 2: nível 1 incluindo separação manual em esteira, a ar insuflado e peneiramento final (Figura 2);
- Nível 3: nível 2 incluindo separação final densimétrica com jiques a ar e espirais (Figura 3);

Quanto às capacidades de processamento destas plantas ou usinas, os dados e informações obtidos na bibliografia permitem identificar três níveis de produção que devem ser considerados, ou seja, 100, 300 e 600 kt/ano (mil toneladas por ano). Estas capacidades correspondem a pequenas, médias e grandes unidades de processamento e reciclagem de RCD e são representativas da realidade atual da reciclagem de RCD no mercado europeu. As capacidades de produção no nível mais baixo, ao redor de 100 kt/ano, são as mais comuns encontradas atualmente em plataformas de reciclagem no continente europeu.

As usinas de reciclagem com capacidade média, a níveis de 300 kt/ano, apesar de serem mais incomuns, são encontradas em áreas metropolitanas com populações mais altas. O importante é destacar que os níveis de produção mais altos, em torno de 600 kt/ano, foram considerados neste estudo como uma situação extrema e mais rara de se encontrar.

- **Descrição dos processos e Fluxogramas** – Foi possível estabelecer os seguintes diagramas de fluxo básicos para cada um dos três níveis tecnológicos, considerando as plantas de processamento para reciclagem de RCD, como mostram as figuras 1, 2 e 3.
Os processos identificados possuem a seguinte descrição e características principais:

- Nível 1 (Figura 1): Este é o fluxograma mais simplificado e que vem sendo aplicado nos países analisados nos Estados Unidos e Europa, com pouca diferença em termos de processos e equipamentos. Basicamente consiste em fazer uma prévia triagem do RCD recebido e estocado no pátio antes que este seja alimentado na usina propriamente dita. Esta prévia seleção é orientada na inspeção visual do material, fazendo a retirada de forma semi-mecanizada (manual e através de carregadeiras e retroescavadeiras) dos ferros, metais, madeiras, louças em geral, papelões e gesso cartonado. Estes são estocados em nichos externos para processamento posterior seguindo para reciclagem. Desta forma se diminui consideravelmente a quantidade a seguir para o processo subsequente, que se constitui na cominuição por britador de mandíbulas e peneiramento, movimentado por correias transportadoras em fluxo contínuo. Esta operação é realizada por instalação fixa ou móvel, sendo que as chamadas britagens móveis permitem maior mobilidade e redução de custos de movimentação dos resíduos.
- Nível 2 (Figura 2): Neste diagrama de fluxo o processo inclui etapas ao nível 1, com o objetivo de aprimorar a geração dos produtos finais de forma que possa haver uma utilização mais ampla para a reciclagem. Tanto os agregados gerados quanto os demais subprodutos, tipo gesso, madeira, papelão, ferragens, metais, podem seguir para a reciclagem final mais “puros” e com fins mais nobres. A separação manual em esteira permite a seleção destes tipos funcionando como um “pente fino” para aumentar a recuperação final dos componentes de um RCD. Os operadores da “cata manual” lançam os materiais para nichos específicos por tipo de material, sendo que se aloca um operador para cada tipo. Logo após essa esteira, o material que não foi separado segue para o “*shredder*” que é um equipamento de trituração por rolo dentado feitos de aço resistente ao desgaste para rasgar e triturar o material. Na sequência os resíduos seguem para o “aero separador”, que através do insuflamento de ar por pressão faz a separação das partículas mais leves (restos de papel, papelão e madeira) que são lançadas para outro nicho de estoque. A fração mais pesada segue para uma etapa final de peneiramento rotativo com emprego de “*Trommel*”, que gera dois produtos com granulometrias abaixo e acima de 4 mm.

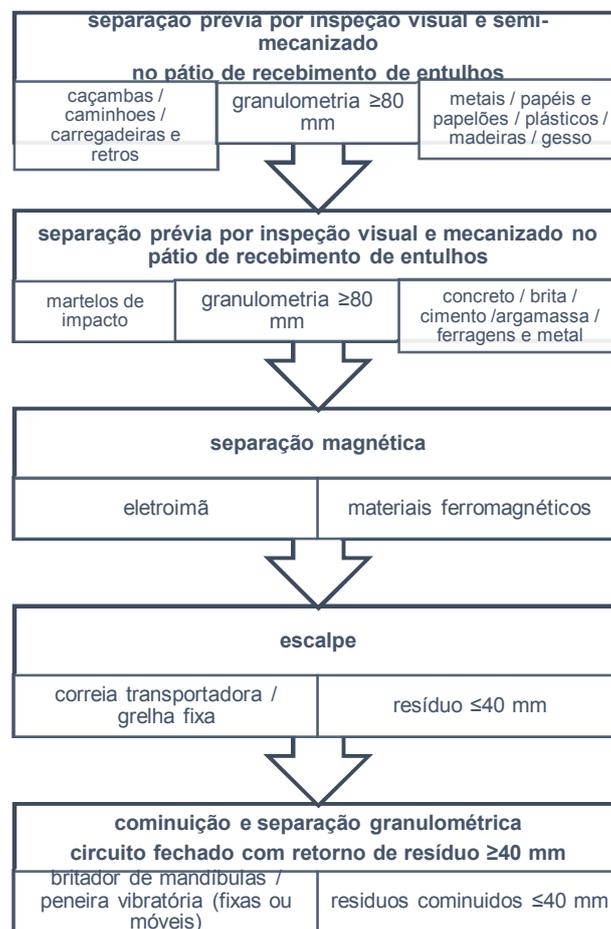


Figura 1: Diagrama de fluxo do processo para o Nível 1. Fonte: Oliveira Neto et al, 2017.

Continuação processo Nível 1

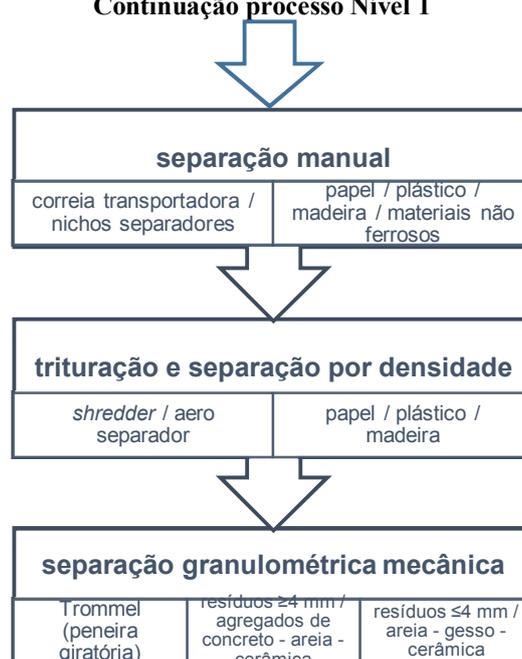


Figura 2: Diagrama de fluxo do processo complementar para o Nível 2. Fonte: Oliveira Neto et al, 2017.

Continuação processo Nível 2

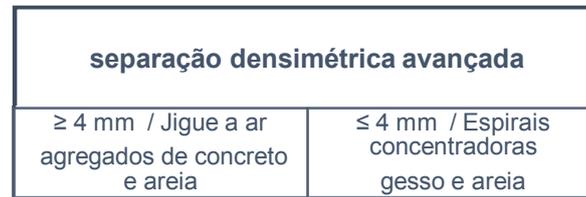


Figura 3: Diagrama de fluxo do processo complementar para o Nível 3.

Fonte: Oliveira Neto et al, 2017.

- Nível 3 (Figura 3): Consiste em uma última etapa adicionada ao fluxo dos níveis 1 e 2, cujo principal objetivo é gerar produtos finais com aplicação em concreto reciclado. A partir dos produtos gerados no fluxo do nível 2, o material é processado em dois tipos de equipamentos, o Jigue a ar (Jigue seco) e as Espirais concentradoras. O princípio básico de funcionamento destes equipamentos é a gravimetria e a reologia. São tecnologias mais complexas e que exigem pesquisas e ensaios em escala de bancada e piloto, para fins de especificação dos equipamentos e seus parâmetros operacionais. Há que se destacar pesquisas desenvolvidas no Laboratório de Processamento Mineral (LAPROM) da Universidade Federal do RS (UFRGS) em parceria com o LUNAM Université, IFSTTAR. De acordo com vários trabalhos recentes de pesquisas (Cazacliu et al., 2014; Sampaio et al., 2016), o Jigue seco mostra uma eficiência de classificação relevante para RCD. De fato, os estudos experimentais de laboratório mostram resultados potenciais na escala industrial. O princípio técnico da Espiral também está na segregação de partículas por densidade, mas eles requerem fluido aquoso. O material flui em ação da densidade através de canais em espiral e a separação ocorre pela ação da força centrífuga.



Figura 4: Carregadeira na triagem prévia em pátio de recebimento de RCD.

Fonte: Acervo fotográfico do autor.

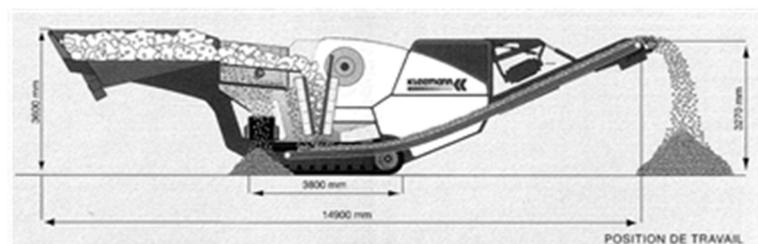


Figura 5: Desenho ilustrando unidade de britagem móvel para utilização após a triagem no pátio.

Fonte: Autor.



Figura 6: Esteira e nichos para separação manual dos tipos de resíduos não britados.
Fonte: Acervo fotográfico do autor.



Figura 7: *Shredder* (triturador) de resíduos não separados manualmente na esteira.
Fonte: Acervo fotográfico do autor.



Figura 8: *Trommel* (peneira rotativa) para separação granulométrica dos resíduos triturados no *Shredder*.
Fonte: Acervo fotográfico do autor.

CONCLUSÕES

Este estudo ilustra o desenvolvimento tecnológico como base para o desempenho econômico no contexto da reciclagem dos RCD.

A capacidade das plataformas existentes é, em grande parte, abaixo de 100 kt/ano e que dá indícios de ser a mais economicamente rentável. Estas pequenas unidades têm uma tecnologia de nível mais baixo do que a tecnologia mais simples considerada neste estudo. Eles só têm um estágio de britagem e processamento dos materiais e que certamente mantém os níveis de investimento e custos operacionais mais baixos. No entanto, elas geram uma baixa qualidade do

material de reciclagem. Atualmente essas unidades estão se espalhando tanto nos países desenvolvidos analisados como também como tendência no Brasil.

O desenvolvimento das plataformas ou usinas de reciclagem pode ser uma maneira de alcançar uma gestão sustentável dos resíduos de construção e demolição e as pesquisas em tecnologias mais avançadas devem ser incentivadas de modo a gerar produtos com maior qualidade e que possam ser utilizados em aplicações mais nobres como em concretos de boa resistência final. Trabalhos importantes estão sendo desenvolvidos e devem ser incentivados e valorizados como aplicação industrial, salientando-se os trabalhos citados da parceria entre LAPROM/UFRGS e IFSTTAR.

Finalmente, há uma clara necessidade de pesquisa adicional buscando dados mais precisos econômicos e financeiros, o que permitiria resolver as questões relacionadas com estas plataformas de reciclagem e de classificação de RCD. As iniciativas existentes neste sentido no Brasil ainda são incipientes e os produtos gerados pelas unidades de reciclagem de RCD existentes são para aplicação básica tais como, aterros, base e sub-base de estradas, como componentes na fabricação de tijolos e pré-moldados sem exigências maiores de resistência e durabilidade.

Ainda também como conclusão, é importante salientar que o aumento do uso de agregados para construção civil oriundos da reciclagem ainda depende da demonstração da qualidade na competição com os agregados naturais provenientes das rochas explotadas de jazidas. Neste aspecto o balizamento com a questão ambiental de preservação destas reservas naturais terá que ser equacionado, pois o caráter “finito” destes recursos há que ser considerado, principalmente considerando a “sustentabilidade” nos seus três pilares básicos, ecológico, econômico e social, alicerçado na preservação dos recursos naturais (Lu & Yuan, 2011).

O desenvolvimento da gestão de resíduos de construção e demolição é uma combinação de funções legais, financeiras, de engenharia e planejamento (Söderholm, 2011).

Os resultados do presente trabalho servem como subsídios a estudos econômicos, e neste sentido também faz parte do contexto da pesquisa LAPROM/IFSTTAR, que fornece importantes conclusões para os agentes interessados no tema na tomada de decisões com vistas a implementação de novas pesquisas e iniciativas práticas na implantação de unidades de reciclagem de RCD. Não há como dissociar a viabilidade técnica da econômica como base de apoio a tomada de decisões de investimentos nesta área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADEME - Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie, 2011. Analyse technico-économique de 39 plateformes françaises de tri/valorisation des déchets du BTP.
2. Cazacliu, B., Sampaio, C., Miltzarek, G., Petter, C., Le Guen, L., Paranhos, R., Huchet, F., Kirchmeim, A., 2014. The potential of using air Jigging to sort recycled aggregates. *J. Clean. Prod.* 66, 46–53.
3. Lu, W., Yuan, H., 2011. A framework for understanding waste management studies in construction. *Waste Manage.* 31, 1252–1260.
4. Pacheco-Torgal, F., Tam, W.M.Y., Labrincha, J.A., Ding, Y., de Brito, J., 2013. *Handbook of Recycled Concrete and Demolition Waste*. Woodhead Publishing, 672p.
5. Paula, J.S. de, Leroy, R., 2014. *Recyclage de Déchets Du Chantier*. Université de Brasília, Brésil, 25p.
6. Sampaio, C.H., Cazacliu, B.G., Miltzarek, G.L., Huchet, F., Le Guen, L., Petter, C., Paranhos, R.S., Ambrós, W.M., 2016. Stratification in air jigs of concrete/ brick/gypsum particles. *Constr. Build. Mater.* 109 (2016), 63–72.
7. Söderholm, P., 2011. Taxing virgin natural resources: lessons from aggregates taxation in Europe. *Resour. Conserv. Recycl.* 55 (11), 911–922.
8. Williams, I.D., Turner, D.A., 2011. Waste management practices in the small-scale construction industry. In: *Waste Management Research Group, School of Civil Engineering and the Environment, University of Southampton. Thirteenth International Waste Management and Landfill Symposium - Sardinia 2011.*
9. C2CA, 2016. www.c2ca.eu (07/20/2016)
10. HISER, 2016. www.hiserproject.eu (07/20/2016)