

Reciclagem de materiais visando um desenvolvimento urbano sustentável (RE-MAUD)

CONTEXTO SOCIAL: O aumento da população nos 20 próximos anos e a racionalização do desenvolvimento de novos espaços urbanos gera a necessidade de:

- Diminuir o ciclo de produção a partir de materiais demolidos quando da renovação urbana;
- Aumentar a taxa de reciclagem pela possibilidade de utilizar processos voltados ao concreto hidráulico.

CONTEXTO TECNOLÓGICO: Processo de britagem e separação aplicada à produção de agregados minerais (materiais granulares para aplicações em infraestruturas de Transporte / Edificações), obtidos de concretos de demolição.

CONTEXTO DA PESQUISA: Sinergia desejada entre o saber-fazer no campo da mineração, em especial o beneficiamento de minérios, e as competências consolidadas sobre a fabricação e caracterização de agregados da construção civil, num contexto de preocupações com a utilização racional dos recursos minerais das pedreiras.

INOVAÇÕES VISADAS: Adaptação do processo de elaboração de agregados às especificações relacionadas aos agregados obtidos por meio da reciclagem. Simplificação e adaptação de utilização num meio urbano complexo.

1 JUSTIFICATIVAS DO PROJETO

A exaustão futura de recursos advindos do petróleo e dos minerais, os impactos ambientais das atividades urbanas e das construções, nas quais se incluem as emissões de gases colaboradores com o aquecimento global, são os gargalos a serem enfrentados objetivando a mutação das cidades na direção de uma viabilidade econômica e de uma coesão social.

A “grenelle” do meio ambiente realizada na França em 2008 estipula que, até o ano 2020, toda obra de edificação nova seja a energia positiva. Além deste aspecto normativo, a construção e a reabilitação de edificações e de infraestruturas devem levar em conta as diversidades de escassez futuras. Soluções de grande envergadura para a utilização da reciclagem nas cidades responderiam às necessidades de economia de recursos humanos, mas igualmente reduziriam os transportes, resultando em grandes economias nos custos ambientais e econômicos.

A cada ano, mais de 300 milhões de toneladas de agregados são produzidos na França a partir de pedreiras, para prover materiais necessários para a construção civil. No Brasil, este número alcança 480 milhões de toneladas. Por outro lado, constatamos que sobre este total, somente uma pequena parte do concreto presente é reciclado. Os materiais que contém cimentos obtidos de demolições são beneficiados nas pedreiras ou em usinas de reciclagem, seguindo a mesma cadeia de tratamento que os agregados naturais. Considerando a poluição gerada na fonte dos estoques de demolição, a utilização dos agregados obtidos da reciclagem está limitada, porém, na maioria dos casos, às aplicações menos nobres como os aterros.

Além do mais, este trabalho é realizado após transporte em uma usina de reciclagem, para posteriormente, após novo transporte, ser enviado a uma nova obra. Nestas condições, a reciclagem e, mais especificamente, a reciclagem *in loco* são motivos de reflexão que merecem toda a atenção. A inovação em processos de valorização *in loco*

específicas aos materiais de demolição passa pela adaptação do processo de elaboração de agregados com especificações relacionadas aos agregados obtidos da reciclagem e pela sua simplificação e sua adaptação / redimensionamento para uma utilização em meio urbano adverso.

As etapas de fabricação devem, portanto, serem revistas considerando a problemática da reciclagem urbana associada ao concreto de demolição, e isto por ao menos três razões:

- A primeira é a atratividade que podem apresentar os elementos finos obtidos da reciclagem de concreto nas usinas de concreto. A substituição de cimento por elementos finos da reciclagem traria um valor agregado à cadeia de produção do ponto de vista ambiental. A problemática científica e tecnológica a superar é a substituição de uma técnica de separação úmida (lavagem) por uma técnica de separação a seco, objetivando a extração e a valorização dos elementos finos;
- Em segundo lugar, os agregados produzidos a partir de concretos reciclados apresentam inúmeras impurezas como tijolos, vidros ou asfaltos. Sua separação é necessária para aumentar a qualidade dos agregados reciclados e para permitir sua incorporação em materiais nobres como o concreto. Técnicas de separação inovadoras em pedreiras, como as baseadas em sensores, que há muito tempo são utilizadas na indústria mineira, poderiam assegurar uma separação eficaz. A problemática científica é a adaptação destas técnicas às características específicas dos agregados reciclados;
- Em fim, as duas modificações do processo propostas devem levar em conta a necessidade de elaboração de equipamentos móveis, adaptados às cidades. Isto é um terceiro desafio científico associado à otimização dos movimentos dos materiais em jogo (agregados, ar) no processo global de fabricação.

2 OBJETIVOS

O projeto RE-MAUD visa melhor compreender as ligações específicas entre os multi-materiais obtidos da reciclagem de concretos e os processos de separação inovadores. Associados aos meios de controle em linha, uma atenção especial será dada à modelização dos processos de separação de materiais granulares visando utilização da reciclagem em zonas urbanas e suburbanas. A caracterização multi-escalas dos materiais pré e pós-tratamento virá consolidar e possibilitar a utilização de técnicas separativas.

Nas cidades, os materiais obtidos das infraestruturas existentes da construção civil parecessem estar conectados. Aplicado ao concreto obtido de demolições da construção civil, o projeto RE-MAUD visa à caracterização da reciclagem destes materiais, separando a abordagem científica em dois eixos, que vai desde o processo de valorização até o material:

- O primeiro tratará do processo de britagem introduzindo uma técnica de separação por via seca. Uma caracterização micro estrutural pós-tratamento determinará as condições eficazes de separação;
- O segundo tratará dos processos de separação baseada em sensores; a caracterização macro e micro estruturais dos materiais obtidos destes processos possibilitará eficazmente a técnica estudada.

As abordagens multiescalas na modelização dos processos estudados permitirão vislumbrar vias de inovação em termos de dimensionamento de processos. Estes modelos poderão ser especialmente úteis no caso de uma linha de produção dimensionada em zona urbana ou suburbana. Em um ambiente fechado, as características compactas e móveis das técnicas separativas estudadas são decisivas para

um funcionamento eficaz. Os frutos desta pesquisa poderão impactar os processos clássicos de fabricação de agregados em pedreiras, que utilizam rochas naturais.

3 PROJETO CIENTÍFICO

O projeto científico visa melhor compreender os mecanismos do comportamento e os fatores influentes para duas operações de separação, que seria útil de integrar no processo de elaboração de agregados reciclados. Atualmente, este processo é uma sucessão de operações unitárias, que pode ser resumido conforme apresentado na figura 1. Os blocos de concreto são separados manualmente a fim de evitar uma poluição muito exagerada dos estoques. Uma britagem primária reduz o tamanho dos blocos separados entre 30 e 200 mm aproximadamente, incluindo uma eventual etapa de retirada de metais. Após peneiramento, a britagem secundária cria as classes granulares necessárias à formulação de materiais para a construção civil e pesada. Estes agregados devem ser lavados para a retirada de partículas finas, acarretando geração de resíduos difíceis de tratar (lodos), além do elevado consumo do recurso água.

Neste projeto, estamos propondo modificar esta sucessão de operações em dois aspectos:

- Substituindo a separação dos finos por lavagem por uma técnica de separação de finos a seco, integrada na britagem, onde o objetivo é a redução do consumo de água e permitir a reciclagem dos elementos finos;
- Adicionando uma separação nas frações milimétricas, visamos diminuir a proporção de materiais indesejáveis (tijolos, asfaltos, gessos, vidros). O agregado de melhor qualidade obtido será valorizado mais eficazmente.

Por meio destas modificações, desejamos não apenas intensificar a valorização dos resíduos da demolição, mas igualmente criar ferramentas compactas e móveis, a fim de se adaptar às dificuldades da reciclagem em meio urbano.

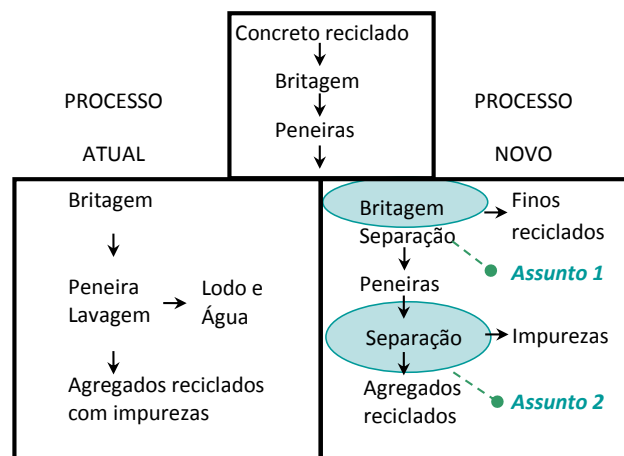


Figura 1 – Proposta de reestruturação no processo de elaboração de agregados de concreto reciclado existente

O projeto está estruturado com base em dois temas (assuntos), de maneira a permitir a mobilidade dos novos pesquisadores (iniciação científica, mestrados e doutorandos).

Primeiro tema será dedicado a melhorar e a caracterizar o desempenho de um processo de britagem para materiais granulares, integrando uma técnica separativa por via seca. As forças de atrito, geradas quando da britagem, produzem elementos finos de

granulometria fina (tipicamente $\varnothing_{part} < 5\text{mm}$) e de naturezas diferentes (massa volumétrica, formas geométricas), especialmente no caso de concretos de demolição. De maneira geral, para os agregados naturais, a britagem é uma operação que já foi amplamente estudada em nível industrial [Guimaraes et al. 2007]. A britagem de concreto trás consigo inovações e novos paradigmas. Por exemplo, uma metodologia foi desenvolvida para separar a argamassa dos agregados com ajuda de impulsos sonoros gerados por descargas elétricas em meio aquoso. [Müller et al., 2004]. Trabalhos similares, desenvolvidos por [Larbi, 2000] colaboraram com o tratamento térmico de agregados contendo silício. O trabalho de pesquisa virá, então, melhorar os equipamentos existentes, agregando ao processo uma técnica separativa por via seca do tipo “jato de ar tangencial”.

Uma solução desejada, descrita na figura 2, é de capturar estes elementos finos por aspiração, usando um sistema de ventilação controlado por um compressor. O jato de ar tangencial fornecido pelo sistema eólico controlado por medidor de vazão virá, em certas condições, transportar as classes granulométricas mais finas até uma parede a qual define uma zona de captura de partículas. A caracterização da dispersão e dos regimes de escoamento sólido/gás irá garantir um controle eficiente do processo de separação.

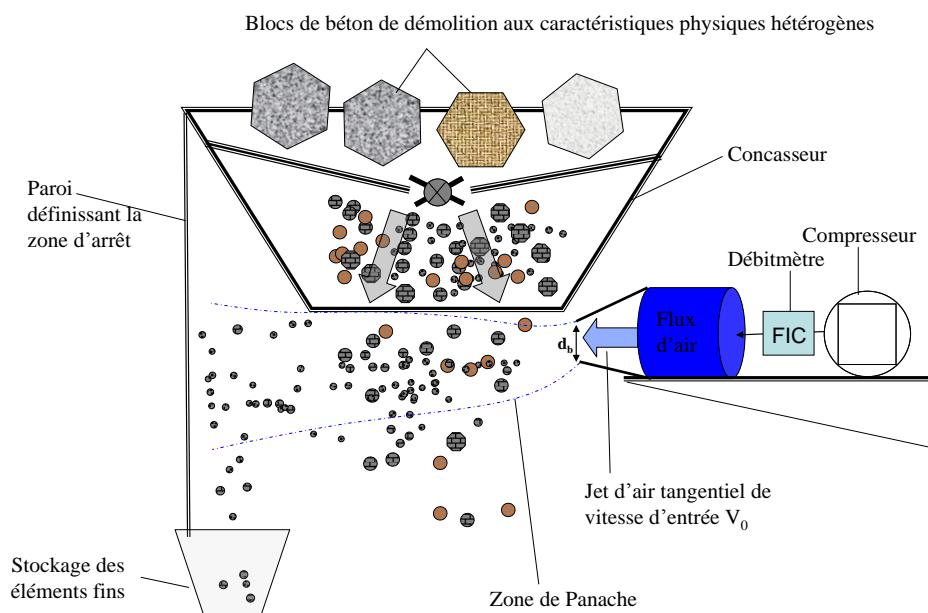


Figura 2 – Processo de britagem adicionando uma técnica de separação por via seca

Neste projeto, um modelo adimensional semi-empírico será proposto, visando uma extrapolação de seu funcionamento em escala 1. Considerando a fração fina obtida e em vista de avaliar seu potencial de valorização nos concretos, ensaios experimentais assegurarão a caracterização do impacto da presença dos “finos de argamassas de cimento endurecido” sobre a demanda de água (estimada por evaporômetro [Mechling et al. 2003]) e a manutenção em reologia (acompanhamento do limite de cisalhamento e da viscosidade plástica). Além disso, será necessário apreciar o impacto destes “finos de argamassas de cimento endurecidos” na velocidade de endurecimento realizando um acompanhamento da evolução da micro e meso porosidades (porosímetro de mercúrio e observações no MEB) da pasta [Baroghel Bouny1994].

O segundo assunto visa caracterizar os materiais de demolição após uma redução de tamanho, a fim de adaptar os métodos separativos utilizados na indústria mineira (como os métodos de separação ótica) à separação de materiais de demolição. O desenvolvimento de sensores específicos para a separação de materiais desde muito tem mostrado inovações tecnológicas [Raulf et al. 2012]. Existem numerosos princípios para a caracterização e a diferenciação de minerais em vista de sua separação [Cutmore et Eberhardt 2002]. O estágio atual da tecnologia de separação automática possibilita a separação de partículas individuais compreendidas entre 1 e 15 mm, a uma taxa média de produção de 0,3 a 300 t/h. A separação ótica, utilizando câmeras CCD, tem a melhor relação custo/benefício entre os processos de beneficiamento de minérios, para as dimensões implicadas neste projeto. Um trabalho sobre a viabilidade da metodologia para a separação de carbonatos foi realizado por Varella [2006].

A figura 3 apresenta partículas separadas por jatos de ar momento de sua queda ao final de uma correia transportadora, após a ativação de uma ou várias válvulas pneumáticas de ejeção. A ativação da ejeção ocorre segundo um critério determinado anteriormente baseado na informação sobre a identificação/caracterização do material.

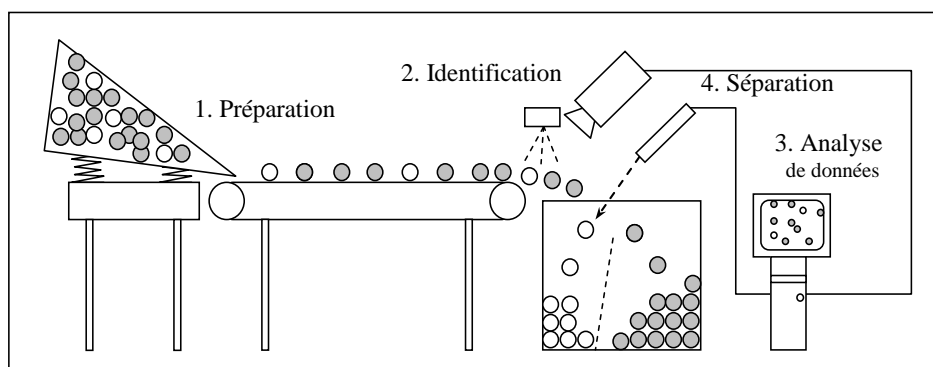


Figura 3 – esquema de funcionamento da separação ótica automática.

O objetivo será de aumentar a qualidade dos agregados reciclados obtidos do concreto de demolição, pretendendo utilizar técnicas de separação baseada em sensores para materiais como o gesso, o concreto asfáltico, os tijolos ou o vidro [AFNOR 2009], sempre presentes em materiais de demolição. A dificuldade maior será de relacionar os parâmetros caracterizando estes materiais de demolição (mesoporosidade, taxa de hidratos, taxa de anidros) aos parâmetros de controle do processo (cadência de materiais, seletividade, iluminação/contraste). Estudaremos os limites da possibilidade de separação por jatos de ar, para diferentes propriedades controladas on-line. Uma análise do funcionamento das metodologias colorimétricas será, num primeiro momento, aprofundadas a partir da pesquisa bibliográfica e de ensaios experimentais em agregados obtidos de reciclagem.

4 RESULTADOS DESEJADOS

No contexto do projeto, está previsto obtermos avanços significativos na compreensão dos mecanismos de separação, e propor critérios para o controle de processos a partir das características dos materiais (tamanho, forma, densidade, etc....).

Para a operação de separação automática ótica, indicadores baseados em propriedades óticas dos diferentes materiais de misturas granulares serão desenvolvidos e utilizados. Eles refletirão a capacidade de diferenciação entre um produto nobre e uma impureza. Eles serão adaptados aos aspectos geométricos (tamanho e forma de partículas) e físicos (umidade, temperatura) inerentes à uma utilização em engenharia civil.

Modelos físicos pertinentes serão desenvolvidos a partir de dados experimentais recenseados. Estes modelos adimensionais semi-empíricos propostos poderão colaborar em simulações numéricas diretas, baseando-se sobre a fenomenologia do escoamento granular e a dinâmica do fluido intersticial. Os modelos semi-empíricos serão, por exemplo, extremamente úteis quando do dimensionamento do processo em escala 1. Os resultados produzirão novos temas de colaboração entre os laboratórios UNIPAMPA e UFRGS e, conseqüentemente, o aparecimento de novos assuntos de pesquisa de interesse comum. Neste sentido, os principais resultados previstos serão:

- Resultados experimentais em britadores, jiques e equipamentos de separação baseada em sensores;
- Caracterização de Resíduos de Construção e de Demolição (RC&D) obtidos de britagem de concretos de demolição;
- Proposição de critérios e de indicadores para o controle dos processos;
- Modelos físicos e desenvolvimento/adaptação para as operações unitárias;
- Avaliação econômica da reciclagem de RC&D.

MATERIAL DE DIVULGAÇÃO INTERNA DA UNIPAMPA E DA UFRGS, COM O OBJETIVO DE APRESENTAR TEMÁTICAS DE MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE AOS DISCENTES INTERESSADOS, VISANDO:

- TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO
- DISSERTAÇÕES DE MESTRADO
- TESES DE DOUTORADO

CONTATOS:

Na UNIPAMPA:

Prof. Régis PARANHOS (regis.paranhos@unipampa.edu.br)

Prof. Raul Oliveira Neto (raulneto@unipampa.edu.br)

Laboratório de Lavra, Planejamento e Tratamento de Minérios (LATRAM)

Campus Caçapava do Sul – RS

Na UFRGS:

Prof. Carlos Otávio Petter (cpetter@ufrgs.br)

Laboratório de Processamento Mineral - LAPROM

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)