

3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Categoria 2

Geração e disposição de resíduos sólidos da construção civil de obra metroviária

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil pode ser considerada uma das indústrias que mais consome recursos naturais e a maior geradora de resíduos, sendo responsável pelo consumo de 15 a 50% dos recursos naturais extraídos (JOHN, 2008 apud LUCAS; BENATTI, 2008). Um dos fatores que propicia esta elevada geração é a tecnologia construtiva adotada no Brasil, que favorece o desperdício de materiais (COSTA, 2007 apud MARIANO, 2008).

A gestão dos resíduos gerados na construção civil é hoje um fator fundamental para o gerenciamento ambiental das obras. A sua disposição em locais inadequados contribui para a degradação ambiental, alteração da paisagem, proliferação de vetores e/ou doenças, entre outros impactos negativos. Este setor, de acordo com Mariano (2008), é responsável por um percentual significativo de resíduos sólidos gerados nas áreas urbanas.

### 3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Segundo Oliveira (2008 apud TESSARO; SÁ; SCREMIN, 2012), os resíduos de construção e demolição (RCD) ou Resíduos da Construção Civil (RCC) possuem características peculiares, podendo variar em função do local da geração, da tecnologia e material aplicado durante a obra, da qualidade do projeto e da mão de obra utilizada. Essas variações interferem diretamente na quantidade gerada, em que se pode observar claramente a necessidade de reduzir e de reciclar.

A destinação dos resíduos de construção civil não é o único problema ambiental do setor, visto que a exploração das matérias-primas também causa impactos ambientais significativos. Visando a diminuição destes impactos, estudos recentes apresentam como alternativa a utilização do entulho cimentício como substituto parcial da areia e/ou pedra em obras não estruturais, tornando-se agregados de baixo custo. Com isso obtêm-se benefícios econômicos e ambientais, por meio da redução do volume de resíduos sólidos a ser destinados e do consumo de recursos naturais (MARIANO, 2008).

A Resolução CONAMA nº 307 de 2002, preconiza que o gerador dos resíduos de construção civil seja responsável por todo seu gerenciamento, vinculando a este a aplicação da sustentabilidade e sua imagem perante a sociedade.

Diante deste cenário, este trabalho tem por objetivo identificar os resíduos sólidos gerados em uma obra metroviária e verificar as destinações realizadas pelas empresas construtoras, visando apontar oportunidades de melhoria no gerenciamento de resíduos desse tipo de obra.

### 3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

## 2. DIAGNÓSTICO

No processo de licenciamento ambiental da expansão da Linha 5-Lilás do Metrô de São Paulo foi elaborado o Plano Básico Ambiental do empreendimento. Entre outras funções, este plano estabelece uma estrutura de Gestão Ambiental eficiente para garantir a participação coordenada de todos os agentes envolvidos, visando cumprir as exigências das Licenças de Instalação emitidas pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA e a plena execução dos programas e controles ambientais, bem como as medidas mitigadoras que garantam a viabilidade ambiental do empreendimento.

No âmbito da Gestão Ambiental da obra, especificamente junto ao Plano de Controle Ambiental da Construção, compõem os aspectos observados, a geração e a destinação dos resíduos provenientes das atividades de obra. De acordo com IBAM (2001), em obras no Brasil, o volume de resíduo gerado é três vezes maior em comparação a países desenvolvidos, produzindo impactos ambientais tanto no que diz respeito à extração da matéria prima, como no destino final.

Ao longo do período de instalação deste empreendimento metroviário todo o resíduo gerado é destinado a locais apropriados, em conformidade com a legislação. Os documentos de referência para a obtenção das informações são os Certificados de Destinação Final (CDF), apresentados pelas empresas construtoras ao gerenciamento ambiental da Companhia do Metrô.

Cabe ressaltar que o empreendimento é dividido por lotes formado por consórcios de empresas construtoras distintas, sendo que cada uma tem autonomia para escolha dos locais de destinação final desde que estes estejam em conformidade com a legislação ambiental.

### 3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Como cada local de destinação possui uma metodologia diferente de quantificação dos resíduos, os CDFs foram apresentados tanto em volume (m<sup>3</sup>) como em massa (toneladas).

Deste modo, há conflitos no momento da compilação de dados e obtenção de resultados.

Para efeito de comparação, depois de observado que alguns CDFs apresentam as duas unidades de medida, foi desenvolvida uma tabela de conversão dos principais tipos de resíduos gerados para realidade da obra em estudo, permitindo assim a quantificação de uma base de dados consolidada. Para elaboração da tabela considerou-se o período de um ano (2014-2015) correlacionando o volume do resíduo com a sua massa, permitindo assim identificar o total, em toneladas, dos resíduos gerados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da compilação dos dados obtidos nos CDFs, desde dezembro de 2011 até março de 2016, e o fator de conversão adotado para adequá-los à realidade da obra, foi possível identificar e quantificar os principais tipos de resíduos gerados durante a execução das obras de ampliação da Linha 5-Lilás do Metrô, bem como os locais utilizados para destinação final permitindo assim avaliar a porcentagem de resíduos efetivamente reciclados da obra.

Na **Tabela 1** apresenta-se a densidade média calculada dos principais tipos de resíduos, obtida por meio da compilação dos dados dos CDFs que apresentaram as duas medidas de quantificação. Por meio desta tabela foi possível unificar os dados identificando-se a massa total dos resíduos gerados na obra.

3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Tabela 1 – Densidade média dos principais tipos de resíduos gerados na obra.

| Principais tipos de resíduos sólidos gerados | Densidade média calculada (kg/m <sup>3</sup> ) |
|--|--|
| Orgânicos                                    | 66,44  |
| Material Misto                               | 521,13   |
| Entulho                                      | 497,08   |
| Madeira                                      | 483,32   |
| Metal  | 269,46   |

Obteve-se como resultado que o principal resíduo produzido na obra é o entulho, representando 45,57% em massa de todo o resíduo gerado, seguido por material misto não reciclável (coletados sem segregação na fonte) e madeira com 25,16% e 16,71%, respectivamente. Os resíduos classificados como perigosos (Classe I) e os demais obtidos por meio de coleta seletiva totalizam 12,56% em massa, conforme apresentado na **Figura 1**.

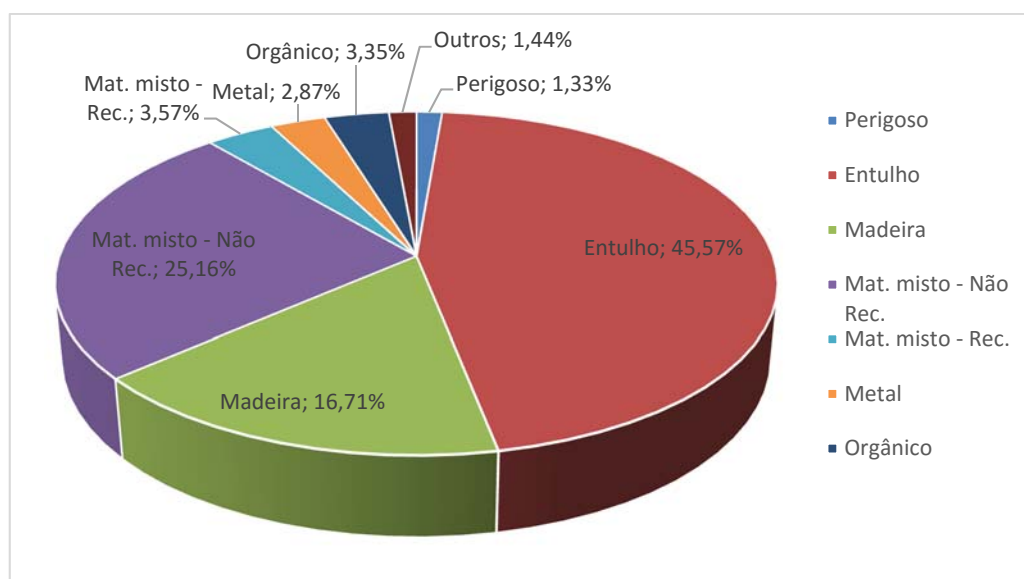


Figura 1 – Composição percentual dos resíduos sólidos gerados nas obras de expansão da Linha 5- Lilás do Metrô.

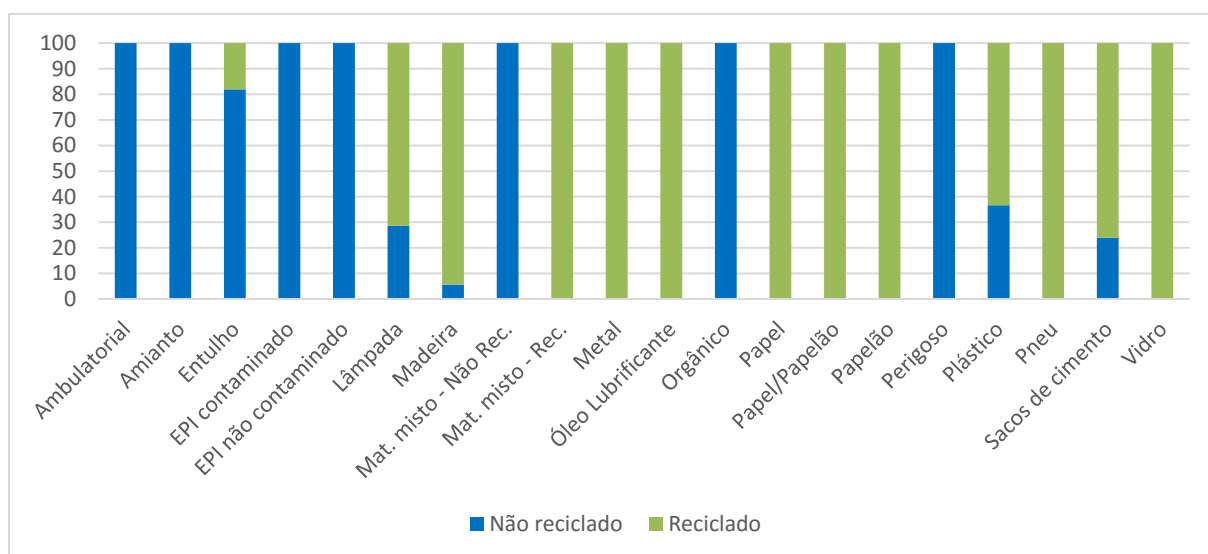
### 3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

No que se refere ao material misto, seu estudo fica prejudicado uma vez que este não pode ser classificado, por se tratarem de resíduos coletados sem segregação nas frentes de obra.

Isso ocorre, principalmente, por falta de espaço físico nos canteiros. Dividiu-se essa categoria em duas classes, sendo elas: Reciclados, os resíduos encaminhados para empresas e/ou cooperativas para triagem e reciclagem e Não Reciclados, enviados para aterros sanitários.

No caso de entulho e madeira face ao Artigo 6º, Inciso VIII e Artigo 7º, Inciso II da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010) estes resíduos apresentam grande potencial para reaproveitamento, tanto dentro como fora da obra, por suas características peculiares.

De modo geral, 34% em massa de todo resíduo gerado é encaminhado para empresas que realizam a sua reciclagem. Em relação aos dois principais tipos quantificados, obteve-se que os teores de madeira e de entulho reciclados são de 95% e 18% em massa, respectivamente, como pode ser observado na **Figura 2**.

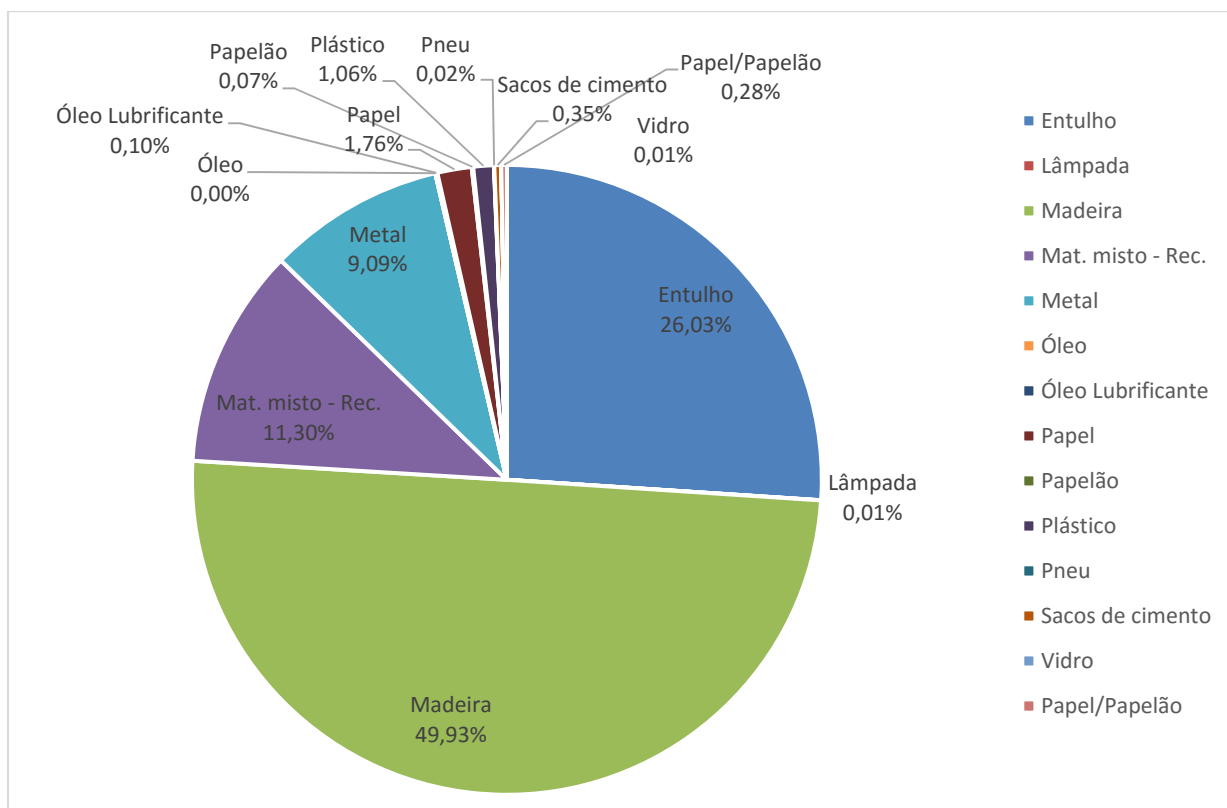


**Figura 2 –Resíduos sólidos gerados nas obras de expansão da Linha 5- Lilás do Metrô e a sua respectiva proporção percentual.**

### 3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Dentre os principais resíduos produzidos destaca-se a elevada porcentagem de reciclagem de madeira. Ressalta-se que o entulho também merece destaque não apenas pelo volume gerado, mas também pela baixa porcentagem de reciclagem do mesmo, inferior a resíduos como madeira e metal que apresentam maior valor agregado se comparado ao entulho.

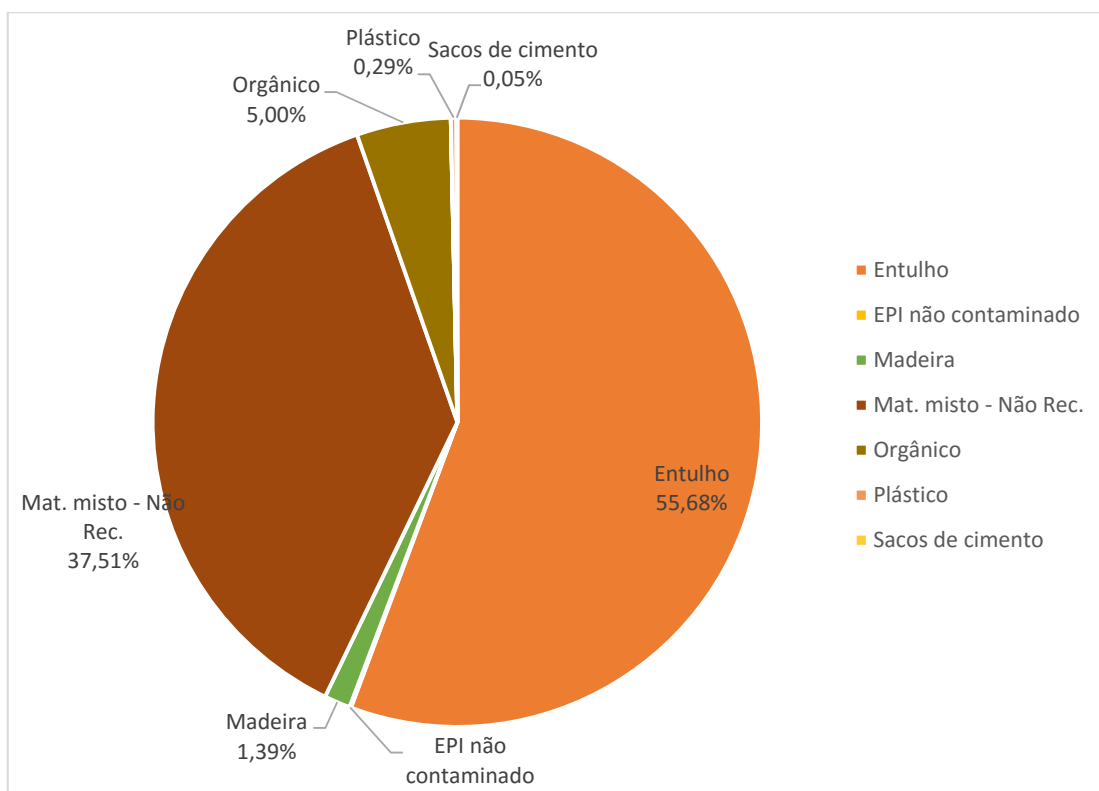
Em relação do total de resíduos sólidos encaminhados para a reciclagem destaca-se a sucata de madeira que corresponde a praticamente 50% em massa do total. O entulho corresponde a cerca de 26%, seguido pelo material misto reciclado (constituído principalmente por plástico, papel e papelão) com 11,30% e sucata metálica com praticamente 9%, conforme apresentado na **Figura 3**.



**Figura 3 – Fração de resíduos reciclados gerados nas obras de expansão da Linha 5- Lilás do Metrô.**

3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Os resíduos não reciclados possuem como destinação aterros sanitários localizados na região metropolitana de São Paulo. Do total gerado, destacam-se o entulho com cerca de 55% em massa, seguido de material misto com cerca de 37,5%, correspondendo a mais de 92% de resíduos não reciclados, conforme **Figura 4**.



**Figura 4 – Fração de resíduos sólidos recicláveis gerados nas obras de expansão da Linha 5- Lilás do Metrô que foram efetivamente reciclados.**

Considerando-se ainda o entulho, principal resíduo sólido gerado na obra e com baixa percentagem de reciclagem, tem-se uma série de usos para o mesmo, porém identificam-se também diversas dificuldades na sua reutilização e/ou reciclagem.



### 3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

O beneficiamento do entulho visa a obtenção de elementos de função não-estrutural como agregado miúdo para revestimento, enchimento em projetos de drenagem, enchimentos em geral, Sub-base ou material de base para construção rodoviária, agregados para construção de meios-fios, bocas-de-lobo, sarjetas, e ainda servem em alvenaria de casas populares (ABRECON, 2016; PORTO; SILVA, 2008).

Segundo Porto e Silva (2008), o uso do entulho possui vantagens e desvantagens no que tange sua reciclagem:

| Vantagens   | Desvantagens   |
|---|--|
| Utilização de todos os componentes minerais do entulho sem a necessidade de separação | A presença de faces polidas em materiais cerâmicos             |
| Economia de energia no processo de moagem do entulho                                  | Seleção e a caracterização das propriedades destes materiais   |
| Possibilidade de utilização de uma maior parcela do entulho produzido                 | Dificuldade na coleta de entulho para o processo de reciclagem |
| Possibilidade de melhorias no desempenho do concreto em relação aos agregados         | Falta de reaproveitamento ordenado                             |

Fonte: adaptado de Porto e Silva (2008).

De acordo com Mariano (2008), uma das dificuldades da utilização de entulho cimentício como agregado substituto está relacionado ao custo de aquisição da areia e/ou brita, que apresenta valores de extração competitivos aos de beneficiamento do entulho.

Para Miranda (2009) a dificuldade em qualquer aplicação está no controle da variabilidade das características físicas ou na presença de impurezas e contaminantes. Em pavimentos, os agregados reciclados podem não atender aos limites granulométricos impostos. Em argamassas, Miranda (2005 apud MIRANDA, 2009) mostrou que as propriedades de absorção

### 3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

de água e teor de finos  $< 0,075$  mm são as principais causadoras de variabilidade de desempenho.

Segundo Miranda (2009), no uso em concreto, Zordan (1997), Leite (2001) e Angulo (2005) demonstraram que a porosidade do agregado graúdo reciclado (determinada indiretamente pela absorção de água) também afeta significativamente as propriedades físicas e mecânicas do concreto, inclusive no estado fresco, incluindo sua durabilidade (LEVY, 1997 apud MIRANDA, 2009).

Outro fator que dificulta a reutilização do entulho é o número de locais para seu beneficiamento. Segundo a ABRECON (2015), existe em todo o Brasil cerca de 310 usinas de reciclagem, das quais 54% estão localizadas no estado de São Paulo, porém são valores baixos quando comparados à Alemanha, por exemplo, onde existem cerca de 3.000 usinas móveis e 1.600 fixas (MUELLER, 2007 apud MIRANDA, 2009).

Nas obras de expansão da Linha 5-Lilás do Metrô de São Paulo o uso de agregados recicláveis foi pouco significativo, não sendo quantificados, os mesmos foram utilizados na pavimentação de acessos e áreas de tráfego internas de alguns canteiros, tanto por meio de material adquirido externamente, quanto por meio de entulho processado dentro da própria obra.

A principal dificuldade identificada para se ter um aumento do uso de agregados recicláveis no projeto em estudo, os quais se proveniente de resíduos da própria obra trariam não apenas o ganho ambiental, mas também com relação aos custos, é relativa à garantia de qualidade do material, se não há mistura com outros materiais ou impurezas, se o mesmo encontra-se livre de contaminação, se provêm de áreas que atendam os requisitos jurídicos-ambientais

### 3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

mínimos e, acima de tudo se atendem aos padrões quanto as características físicas do material.

Apesar de já existirem normas técnicas como a NBR 15.116/2014 estas ainda não garantem o desempenho do material. Conforme Miranda (2009), existem autores como Daminieli (2007) e Dias (2004) que comprovam que o método de determinação da absorção de água, por exemplo, pela norma brasileira possui limitações, geralmente subestimando a porosidade do agregado reciclado. As normas não garantem a homogeneidade dos agregados reciclados, nem sua aceitação no mercado.

### 3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

#### 4. CONCLUSÃO

Ao final deste trabalho foi possível identificar todo resíduo sólido gerado numa obra de metrô, tanto a quantidade como sua caracterização.

A obra avaliada, em fase final de execução, desenvolve-se em São Paulo, uma das maiores cidades da América Latina, densamente ocupada e, portanto, com canteiros ajustados e dimensionados para ocupar pequenas áreas. O espaço reduzido para os canteiros de obra implica também na disposição de pequenas áreas para armazenamento e segregação de resíduos. Ainda assim, realizou-se a segregação e providenciou-se a destinação do modo mais sustentável possível. Timidamente com alguns dos materiais e mais significativamente com outros, como é o caso da madeira.

Com base nos resultados obtidos, embora o entulho seja o resíduo com maior volume gerado, o setor de reciclagem ainda apresenta dificuldades quando comparado ao da madeira. Nesse sentido, nota-se que ainda é tímida a atenção dada às possibilidades de (re)utilização deste material.

Existem avanços como o Decreto nº 48.075 de 2006, o qual determina a utilização de agregados reciclados, oriundos de resíduos sólidos da construção civil em obras e serviços de pavimentação das vias públicas do município de São Paulo. No entanto, a escala de implementação dessa iniciativa ainda é pequena diante das possibilidades numa cidade do porte de São Paulo.

O desafio em obras de infraestrutura como o metrô é conseguir meios de se garantir, principalmente, a qualidade quanto às propriedades físicas e o desempenho do agregado

### 3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

reciclado, por meio de soluções de pequeno aporte tecnológico, baixo custo de investimento e procedimentos racionais de dosagem e de controle de qualidade que tenham pouca interferência nas atividades construtivas.

Também, faz-se necessário quando da contratação de uma obra deste porte inserir requisitos para que as contratadas repensem soluções/meios de se melhorar não apenas a aquisição dos materiais, escolhendo matérias primas alternativas e/ou aquelas mais adequadas ambientalmente, mas na melhoria das ações de rotina, visando aperfeiçoar a triagem/segregação dos diferentes tipos de resíduos da construção civil, reduzindo-se, por exemplo, a quantidade de material misto que devido as suas características não são reutilizados e/ou reciclados.

É importante também criar meios de se promover o uso de agregados em serviços menos nobres como pavimentação das vias de acesso e regularização dos canteiros, no concreto magro e outros fins não estruturais, se possível por meio de material proveniente da própria obra, reduzindo custos com transporte, poupando recursos naturais, garantindo a qualidade do material, principalmente, quanto a misturas e contaminação, e reduzindo ainda os prejuízos ambientais referentes ao tratamento e/ou disposição final dos resíduos.

Empresas que avançarem no reaproveitamento destes resíduos, seja em obras de infraestrutura como o Metrô ou nas demais obras, assim como aquelas que identificarem meios de se melhorar as ações durante a geração dos resíduos e ainda de garantir a qualidade do material reciclado certamente obterão ganhos econômicos e, sobretudo ambientais.

### 3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (ABRECON). **Mercado do Entulho**. 2016. Disponível em: <<http://www.abrecon.org.br/mercado/>>. Acesso em: 15 jul. 2016.

Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON). **A Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição no Brasil**. São Paulo: Agência Sancho Comunicação, 2015.

COSTA, M. L. **IDENTIFICAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E GESTÃO DOS RESÍDUOS DE MADEIRA PRODUZIDOS EM OBRAS DE EDIFICAÇÕES EM SALVADOR**. 2007. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

JACOB, P.R.; BESEN, G.R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, vol.25, nº.71 São Paulo Jan./Apr. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v25n71/10.pdf>>. Acessado em: junho de 2016.

LUCAS, D.; BENATTI, C.T. Utilização de Resíduos Industriais para a Produção de Artefatos Cimentícios e Argilosos Empregados na Construção Civil. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 1, n.3, p. 405-418, set./dez. 2008. Disponível em: <<http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/850/663>>. Acessado em: junho de 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL (IBAM). **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200 p.

MARIANO, L. S. **GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COM REAPROVEITAMENTO ESTRUTURAL: ESTUDO DE CASO DE UMA OBRA COM 4.000m<sup>2</sup>**. 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2008.

PORTO, M. E. H. C.; SILVA, S. V. **REAPROVEITAMENTO DOS ENTULHOS DE CONCRETO NA CONSTRUÇÃO DE CASAS POPULARES**. In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Rio de Janeiro: 2008.

### 3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA). **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2014**. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2016. 154 p.

TESSARO, A.B.; SÁ, J.S.; SCREMIN, L.B. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. **Ambiente Construído, Porto Alegre**, v. 12, n. 2, p. 121-130, abr./jun. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v12n2/08.pdf>>. Acessado em: junho de 2016.