

**GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO NAS OBRAS DE UM EDIFÍCIO COMERCIAL LOCALIZADO NA CIDADE DE SÃO PAULO: FOCO NOS ASPECTOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS**

**JOAO ALEXANDRE PASCHOALIN FILHO**

UNINOVE – Universidade Nove de Julho

jalexandre@uninove.br

**ERIC BRUM DE LIMA DUARTE**

UNINOVE – Universidade Nove de Julho

ericbrum@uol.com.br

# GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO NAS OBRAS DE UM EDIFÍCIO COMERCIAL LOCALIZADO NA CIDADE DE SÃO PAULO: FOCO NOS ASPECTOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS

## 1. INTRODUÇÃO

Mesmo tendendo a um crescimento previsto modesto para o ano de 2015, o setor da Construção Civil apresenta resultados positivos em função das demandas originadas por programas governamentais de estímulo ao setor, tais como: Minha Casa Minha Vida (MCMV); Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e ampliação das linhas de crédito e financiamento imobiliário, os quais têm atenuado a desaceleração deste setor.

Entretanto, mesmo sendo a Construção Civil responsável direta pela redução dos *déficits* de infraestrutura e habitação do país, esta também carrega o ônus de ser uma das atividades que mais causa impactos ambientais em toda extensão de sua cadeia produtiva.

Dentre os impactos causados pelo setor, podem ser destacados os volumes de resíduos gerados diariamente por obras de grande, médio e pequeno porte que, muitas vezes, advêm de perdas e desperdícios causados pela ineficiência de processos executivos antiquados, pela baixa qualificação e rotatividade da mão-de-obra disponível e pela adoção de ferramentas de gerenciamento pouco eficientes, incorrendo dessa forma em maiores custos executivos e danos ao meio ambiente, tanto natural, quanto urbano.

Conforme Segantini e Wada (2011), a Construção Civil é uma atividade geradora de grandes volumes de resíduos, tendo como consequência enormes desperdícios de materiais naturais, tais como: areia, pedra, madeira e cimento, entre outros materiais. Silva e Fernandes (2012) apontam que este setor consome uma grande quantidade de recursos naturais, além de gerar um volume elevado de resíduos; cerca de 40 a 60% dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) produzidos diariamente nas cidades têm origem nesse setor.

Estima-se que cerca de 40% dos resíduos sólidos gerados globalmente estejam relacionados às atividades de construção. Por este motivo, tem sido tema de estudos de diversos pesquisadores, nacionais e internacionais, ferramentas de gerenciamento destes, no intuito de se possibilitar sua valoração e mitigar os impactos ambientais por estes causados (ARIF; BENDI; TOMA-SABBAGH, 2012). Ressalta-se que o manejo dos resíduos gerados nas obras como ferramenta de gerenciamento sustentável, além de proporcionar significativo incremento de receita e redução de custos, também se configura em uma interessante alternativa para sistemas construtivos de habitações de interesse social.

Assim, a utilização de práticas gerenciais que visem à sintonia das operações do setor da construção com a sustentabilidade, consiste em um importante paradigma a ser discutido pelo meio técnico, uma vez que proporciona a redução da pegada ambiental causada pela sua cadeia produtiva, dos custos incorridos (principalmente no transporte e deposição de resíduos e importação de matéria prima) e colabora na solidificação de uma boa imagem das empresas envolvidas junto ao mercado consumidor e *stakeholders*.

Dessa forma, além dos aspectos econômicos relevantes, o gerenciamento dos Resíduos de Construção Civil (RCC) no canteiro de obras agrega vantagens sociais e ambientais relevantes; uma vez que, também alivia a carga de resíduos nos aterros disponíveis e reinsere no mercado de trabalho uma fração da mão de obra que outrora se encontrava excluída. Além do mais, a separação (triagem) dos resíduos gerados “in loco”, de acordo com suas características, proporciona uma obra mais limpa e segura; evitando a ocorrência de acidentes de trabalho e ambientais.

Diante deste contexto, a questão que direciona esta pesquisa é: Como a adoção da triagem dos resíduos, como forma de gerenciamento destes, pode, em uma obra, possibilitar a

obtenção de indicadores econômicos positivos e configurar-se como uma ferramenta de inserção da variável ambiental na Construção Civil?

Dessa forma, para responder a esta questão foi realizado um estudo de caso em uma obra de um edifício comercial localizado na cidade de São Paulo, onde, por meio dos documentos consultados, visitas realizadas “in loco” e entrevista com um dos engenheiros responsáveis pela gestão ambiental da obra, pôde-se observar a quantificação e o manejo conferido aos resíduos gerados, e como a aplicação da triagem destes pôde conduzir a ganhos econômicos, sociais e ambientais relevantes.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 A problemática da geração de resíduos pelo setor da Construção Civil**

De acordo com dados da Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2012), a quantidade *per capita* no Brasil de Resíduos de Construção Civil (RCC) coletada, comparando-se os anos de 2010 e 2011, cresceu aproximadamente 6%, ou seja, de 0,618 kg/hab/dia para 0,656 kg/hab/dia. Este incremento correspondeu a uma massa adicional de 7.195 ton/dia recolhida.

Delongui *et al.* (2011), que sugerem que a geração *per capita* de RCC no Brasil esteja entre 0,23 a 0,76 ton/hab.ano com uma média 0,51 ton/hab.ano. Em relação à situação internacional, a geração *per capita* de RCC em alguns países membros da União Europeia, varia entre 0,32 a 5,90 ton/hab.ano, sendo observada uma média de 2,07 ton/hab.ano (Coronado *et al.*, 2011). Além dos países membros da União Europeia, podem-se citar os volumes gerados por países como: Austrália: 44.042 ton/dia (TAM, 2009); Japão: 2.404 ton/dia (TAM, 2009), Estados Unidos: 458.333 ton/dia (YUAN *et al.*, 2012); e também, algumas metrópoles chinesas, por exemplo: Shanghai: 67.628 ton/dia (YUAN *et al.*, 2011) e Hong Kong: 49.359 ton/dia (YUAN *et al.*, 2013).

Em relação à origem do RCC gerado no Brasil, Pinto e González (2005) e Bernardes *et al.* (2008) comentam que, em média, 59% são provenientes de reformas, ampliações e demolições e 41% de obras de novas edificações; enquanto que Carmo *et al.* (2012) afirmam que 64,1% do RCC gerado por meio de reformas; 18,2% de novas obras; 7,1% de demolições e 10,6% de outras atividades.

Na visão de Leite *et al.* (2010) e Ângulo *et al.* (2013), o RCC possui grande variedade de materiais em sua composição, derivados das inúmeras atividades construtivas que ocorrem concomitantemente no desenvolvimento de uma obra. Contudo, de uma forma geral, os volumes gerados de RCC são compostos, basicamente, por resíduos que podem ser reutilizados em obras ou recicláveis como agregados, tais como: cimentícios, solo, alvenaria, em como comercializados com cooperativas e usinas de reciclagem de entulho.

No ano de 2002, foi publicada a Resolução número 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que teve por objetivo apresentar definições e atribuições de deveres e responsabilidades para geradores de RCC públicos e privados. De acordo com esta resolução, o gerenciamento dos resíduos deverá fazer parte de um sistema de gestão que terá por objetivo reduzir, reutilizar ou reciclar os resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas executivas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas no Plano de Gestão dos Resíduos de Construção Civil (PGRCC) (CONAMA, 2002). Posteriormente, no ano de 2010, a problemática dos RCC, no Brasil, também foi tratada pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei nº 12.305/2010. Esta política, dentre diversos aspectos, prevê redução da geração de resíduos, propondo a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos a fim de proporcionar o aumento da reciclagem e da reutilização

dos resíduos sólidos e a destinação adequada dos resíduos, além da necessidade de elaboração de planos de gestão de resíduos por agentes públicos e privados.

## **2.1 Gerenciamento dos resíduos sólidos como ferramenta de desempenho sustentável na Construção Civil**

Os resíduos produzidos em uma construção, de acordo com Martins (2012), podem representar um significativo passivo ambiental caso estes resíduos não sejam devidamente gerenciados. Dessa forma, configura-se de grande importância o gerenciamento dos resíduos por meio da adoção de técnicas que garantam o correto manejo destes em consonância com a prática da sustentabilidade.

Uma importante ferramenta de gerenciamento sustentável de resíduos em obras consiste na prática dos “3R” (reduzir, reutilizar, reciclar). Yates (2013) complementa, afirmando que este conceito foi aperfeiçoado e expandido e, que, atualmente, são “4R” (reduzir o consumo, reutilizar, recuperar e reciclar).

Além da adoção da prática dos “4R”, tem sido utilizado no gerenciamento dos resíduos das obras o modelo da pirâmide da hierarquia de gestão de resíduos sólidos, sendo esta recomendada em legislações nacionais e internacionais, tais como: a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) do Brasil (Lei 12.305/2010); a Diretiva 2008/98/CE, relativa aos resíduos da União Europeia e a Lei de Recuperação e Conservação de Recursos (ECRA) da Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos (INGLEZAKIS; ZORPAS, 2011; HWANG; YEO, 2011; HEIJDEN; BUEREN, 2013; COELHO; BRITO, 2013).

A comercialização e a reciclagem dos resíduos gerados nas obras de construção trazem benefícios que são abordados por diversas pesquisas nacionais e internacionais (ARIF *et al.*, 2013 e OYEDETE *et al.*, 2013). Yuan *et al.* (2011) expõem que os benefícios econômicos obtidos por meio da reciclagem dos RCC são enormes, uma vez que os resíduos são reinseridos na cadeia produtiva. Os autores complementam citando outras vantagens: aumento da competitividade entre empresas ocasionada pela redução das despesas (principalmente de transporte, destinação e aquisição de matéria prima); geração de receita em função do ganho econômico obtido por meio da comercialização dos resíduos recicláveis; melhoria da imagem pública pela atenuação do encaminhamento de resíduos para aterros e a diminuição de velocidade de esgotamento dos “bota-foras”.

Os benefícios econômicos mencionados, também se traduzem em melhorias nas esferas ambiental e social; pois ao reciclar estes materiais são obtidos resultados, tais como: diminuição da exploração de recursos não renováveis e da poluição; qualificação da mão de obra para atuar nesta nova cadeia produtiva e criação de novos postos de trabalho; ganho em qualidade de vida dos munícipes ocasionado pelo não alagamento de vias públicas, residências e locais produtivos e diminuição de enfermidades derivadas destes eventos; possibilidade de construção de moradias populares e benfeitorias em parques e praças; e, melhorias em vias vicinais e municipais ocasionado pela abundância de material (OYEDETE *et al.*, 2013).

De acordo com Linhares *et al.* (2007), é comum construtoras de médio e grande porte comercializarem resíduos Classe B com cooperativas de reciclagem ou, simplesmente, efetuar a doação destes, de maneira a se reduzir custos de deposição final. Os autores citam o exemplo da madeira, que é destinada a empresas que a utilizarão como combustível para geração de energia elétrica e calor. Lima e Cabral (2013) concluíram, após realizarem estudos de caracterização dos resíduos de Construção Civil gerados na cidade de Fortaleza/CE, que o percentual de ocorrência de resíduos de Classe B na composição gravimétrica dos RCC demonstrou-se pequena em função deste tipo de prática adotada pelas construtoras.

Fischer e Verge (2009) comentam os resultados apresentados no relatório ETC/*Working Paper 2/2009*, no qual se verificou a situação da geração e reciclagem de RCC em diversos países da União Europeia. De acordo com os autores, países com elevada produção de RCC *per capita*, tais como França, Alemanha e Irlanda apresentam também altos valores de reciclagem em torno de 2 a 3,5 toneladas *per capita*. O estudo, também detectou que, mesmo em países em que a geração RCC apresenta-se baixa, tais como: Áustria, Dinamarca, Holanda e Reino Unido, os valores de reciclagem *per capita* apresentam-se significativos, ou seja, entre 0,5 e 1,5 tonelada. De uma forma geral, o estudo observou que na União Europeia, cerca de 60% do RCC produzido é reciclado. Ao se considerar países como Alemanha, Holanda e Irlanda, este percentual atinge aproximadamente 80%, enquanto que países como Finlândia, Hungria e Polônia, este valor varia entre 15 e 30%.

A utilização de ferramentas sustentáveis no gerenciamento dos resíduos produzidos em uma obra proporciona a valorização econômica destes e possibilita ao gestor tornar uma fonte de despesa e impacto ambiental e uma fonte de faturamento, reduzindo os impactos causados e agregando ainda vantagens sociais. De acordo com Marcondes e Cardoso (2005), a sistematização dos fluxos de resíduos, bens e produtos descartados apoia-se no conceito de logística reversa na Construção Civil. Os autores continuam comentando que o sistema logístico reverso consiste em uma ferramenta organizacional que possui por objetivo viabilizar técnica e economicamente as cadeias reversas, de forma a contribuir para a promoção da sustentabilidade na cadeia produtiva da construção.

Cesar *et al.*(2009) apresentam um estudo de caso em três obras localizadas no município de Salvador/BA. Nestas, os resíduos Classe B, após separação, eram encaminhados para agentes recicladores, por meio de venda ou doações. Segundo os autores, a comercialização dos resíduos permitiu que a arrecadação retornasse aos trabalhadores das obras, configurando-se em um estímulo a mais para a implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (PGRCC) da obra, agregando também a estes benefícios sociais.

### **3. MÉTODO DE PESQUISA**

#### **3.1 Procedimento de pesquisa utilizado**

No intuito de se discutir as vantagens econômicas, sociais e ambientais que podem ser obtidas mediante a inserção da variável ambiental na Construção Civil, esta pesquisa apresenta um estudo de caso realizado durante as obras de um edifício comercial localizado na cidade de São Paulo, em que foi adotada como ferramenta de gerenciamento dos resíduos a triagem “in loco” e comercialização de parte destes com uma cooperativa de reciclagem.

Esta pesquisa pode ser considerada de natureza qualitativa e traz o relato e a análise da complexidade dos procedimentos utilizados no gerenciamento dos resíduos de construção Classe A e Classe B, gerados durante as obras do *site* em estudo.

De acordo com Yin (2005), o estudo de caso consiste em uma investigação empírica, uma metodologia que abrange planejamento, técnicas de coleta de dados e análise dos mesmos. Ainda de acordo com o autor, o estudo de caso poderá se utilizar de seis fontes potenciais de informação, dentre estas se podem citar: documentos, registros, entrevistas, observação direta, observação dos participantes e artefatos físicos. No presente estudo, as fontes de informação utilizadas foram:

- a) Documentos: Foi utilizado o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil da obra (PGRCC) em estudo, no qual foram obtidas as seguintes informações relevantes referentes as operações de gerenciamento dos resíduos: i) formas de

- armazenamento do resíduos “in loco”; ii) remoção de acordo com as normas técnicas vigentes; e iii) destinação final;
- b) Registros: foram utilizadas planilhas de Controle de Transporte de Resíduos (CTR) geradas pela fiscalização da obra diariamente, todas as vezes que uma caçamba contendo RCC deixava o canteiro de obras. Ressalta-se que a emissão da CTR toda vez que uma caçamba de resíduo Classe A deixa a obra é obrigatória de acordo com o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) do município de São Paulo; sendo que os resíduos somente poderão ser dispostos em áreas devidamente legalizadas, mediante a apresentação deste documento. Foram analisadas, também as planilhas de comercialização dos resíduos Classe B com uma cooperativa de reciclagem local.
  - c) Cotação de custos de remoção dos resíduos Classe A: Estes custos foram calculados por meio de uma cotação de preços de mercado efetuada pelos pesquisadores junto a três empresas transportadoras localizadas na cidade de São Paulo, escolhidas por critério de proximidade da obra. Ressalta-se que as empresas escolhidas deveriam, previamente, comprovar documentalmente a conformidade destas com os seguintes itens: a) Cadastro atualizado junto ao órgão municipal da cidade de São Paulo, ou seja, a AMLURB (Autoridade Municipal de Limpeza Urbana do município de São Paulo); b) Apresentação de comprovante de segurança veicular e comprovante de condições operacionais dos veículos para execução da atividade de coleta e remoção, expedido por organismo de inspeção credenciado pelo INMETRO; c) capacidade da empresa em atender as demandas impostas pelo contrato; e d) experiência da transportadora em obras da construtora contratante.

Além dos documentos consultados e cotações de preços efetuadas também foram realizadas visitas “in loco” pelos pesquisadores e uma entrevista com um dos engenheiros responsáveis pela gestão ambiental da construtora responsável pela obra.

### **3.2 Delimitação do universo de estudo**

O universo de estudo desta pesquisa consiste em um edifício localizado na cidade de São Paulo/SP, e está dentro dos limites da Subprefeitura de Pinheiros. O empreendimento conta com um pavimento térreo, um mezanino, quinze pavimentos tipo, dois pavimentos diferenciados tipo “*Penthouse*”, ático e cobertura. As obras iniciaram-se em setembro de 2010 e foram finalizadas em dezembro de 2012. O edifício foi executado em estrutura mista de concreto e aço com lajes tipo *steel deck*, de maneira a proporcionar maior rapidez construtiva e facilidade logística, uma vez que a obra em estudo localiza-se próxima a vias de fluxo intenso de veículos.

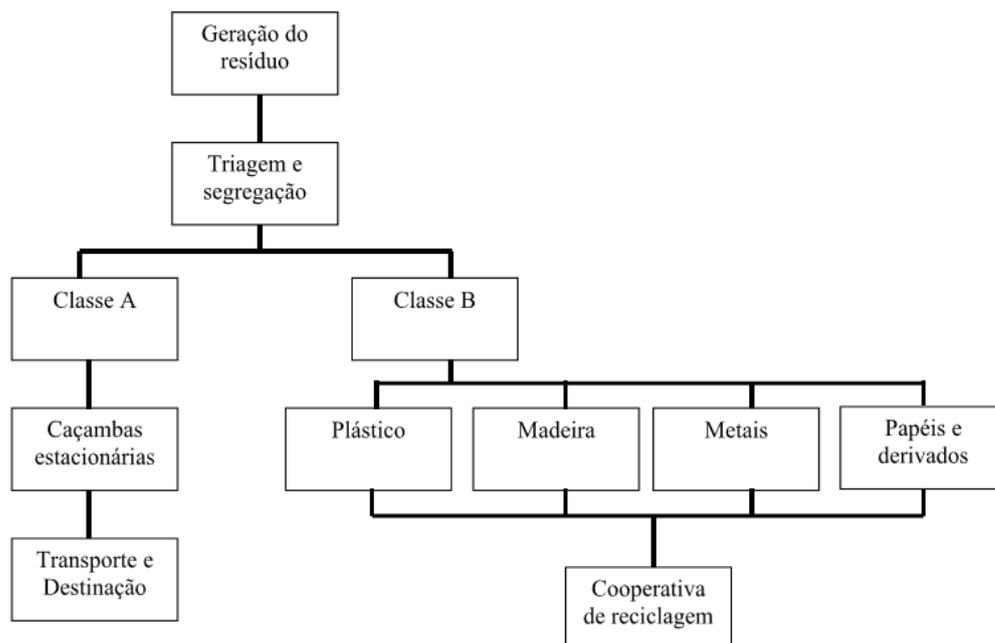
Conforme já comentado anteriormente, esta pesquisa apresentará o gerenciamento dos resíduos de Classe A e Classe B gerados na obra, a fim de discutir como a ferramenta adotada conduziu a ganhos econômicos, ambientais e sociais para a obra. Apesar de, no mesmo canteiro, também terem sido gerados resíduos classes C e D, estes foram destinados de acordo com suas respectivas normas técnicas, tal como sugerido pela Resolução 307 do CONAMA/2002, e não farão parte deste estudo em particular.

Deve-se salientar que os resíduos gerados durante o período da obra foram gerenciados de acordo com as instruções contidas no Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (PGRCC) da obra pesquisada; tal como recomendado pela Resolução 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e exigido pelo Plano de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PGIRS) da Cidade de São Paulo (PMSP, 2014).

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 Indicadores da quantidade de resíduos gerados durante a obra

Após a geração dos RCC, estes eram dispostos, inicialmente, em uma área específica para execução de sua triagem. Durante esta fase, a massa de RCC era separada de acordo com sua tipologia, obedecendo aos critérios da resolução CONAMA nº307/2002. A Figura 1 apresenta o fluxograma de manejo dos resíduos de construção gerados na obra:



**Figura 1.** Fluxograma do gerenciamento dos resíduos de construção da obra em estudo.

Fonte: Elaborada pelos autores

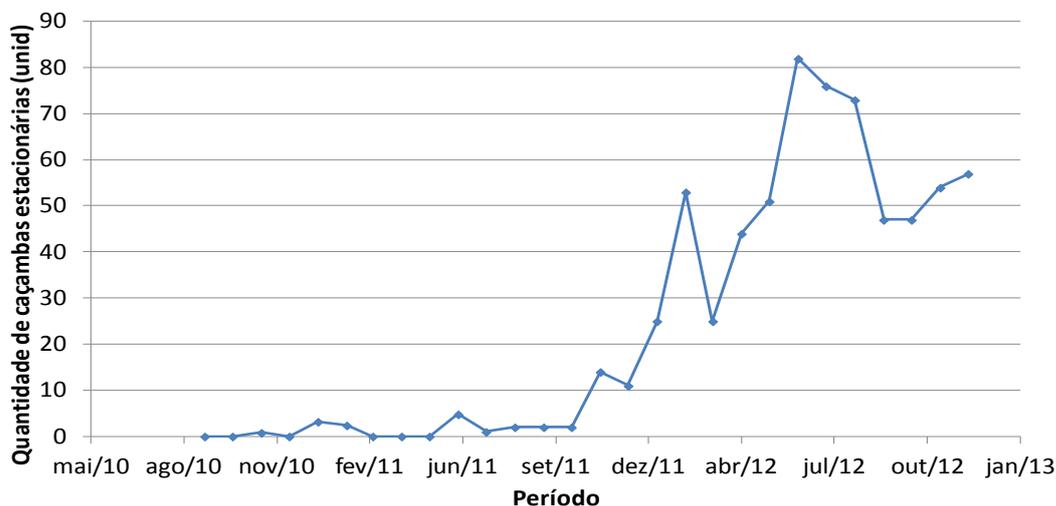
Dessa forma, os resíduos de Classe B eram dispostos em baias específicas para cada tipo de resíduo (plástico, madeira, metal e papéis e derivados). Em relação aos resíduos de madeira, estes foram separados em duas baias, sendo que uma continha resíduos de madeira limpos e a outra resíduos de madeira contendo traços de concreto, argamassa, produtos químicos e pregos.

Após a triagem, os resíduos de Classe B eram comercializados com uma cooperativa de reciclagem que se encarregava do transporte destes para fora do canteiro e de sua destinação final; ficando, assim, a construtora isenta da responsabilidade de remoção destes e dos custos incorridos nesta operação. Destaca-se que a cooperativa realizava a coleta de todos os resíduos de Classe B gerados, mesmo os de madeira com traços de concreto, argamassa e outros.

Uma vez que a cooperativa arcava com todos os custos referentes ao transporte dos resíduos de Classe B da obra, ficou acordado entre ambas as partes a determinação de um preço de comercialização único que seria pago pela cooperativa à construtora, independentemente do tipo de resíduo. Dessa forma, ficou acertado que a cooperativa deveria pagar um valor de R\$0,38/kg, independentemente do tipo de resíduo coletado. Deve-se salientar que a escolha da cooperativa de reciclagem para onde foram destinados os resíduos de Classe B, foi baseada na conveniência da construtora e na experiência desta em obras anteriores com a mesma cooperativa.

Em relação ao manejo dos resíduos de Classe A, compostos por cimentícios, cerâmicas e solo, estes eram armazenados em caçambas metálicas estacionárias com capacidade de armazenamento de 5m<sup>3</sup>, sem exceder a borda destas.

Na Figura 2 é apresentada a quantidade de caçambas de resíduos de Classe A gerados durante o período das obras e destinados, em parte, para o aterro licenciado e parte destinada para uma Usina de Reciclagem de Entulho (URE) localizada na Grande São Paulo.



**Figura 2.** Quantidade de caçambas geradas durante o período de execução das obras.  
Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com a Figura 2, nota-se que, apesar do período compreendido entre os meses de setembro de 2010 a janeiro de 2011 corresponder à etapa de terraplenagem, em que se esperaria um volume significativo de resíduos de Classe A, principalmente solo, os volumes descartados foram baixos. Tal fato pode ser explicado, uma vez que o solo proveniente das escavações foi utilizado na regularização do terreno, sendo as caçambas verificadas neste período utilizadas para deposição de resíduos resultantes da limpeza do terreno, tais como: restos de vegetação e pedras, ou seja, materiais não apropriados para regularização do terreno.

Entre os meses junho e outubro de 2011, período de execução das fundações e canteiro de obras, nota-se um incremento nos volumes de resíduos de Classe A descartados, sendo estes, predominantemente, compostos por concreto. A partir do mês de outubro de 2011, fase referente à execução da estrutura e alvenaria de fechamento, os volumes de resíduos de Classe A descartados apresentaram tendência de crescimento. Na Tabela 1, é apresentada uma relação das caçambas que foram destinadas para a Usina de Reciclagem de Entulho (URE) e para o Aterro.

**Tabela 1.** Distribuição de destinação das caçambas para URE e Aterro

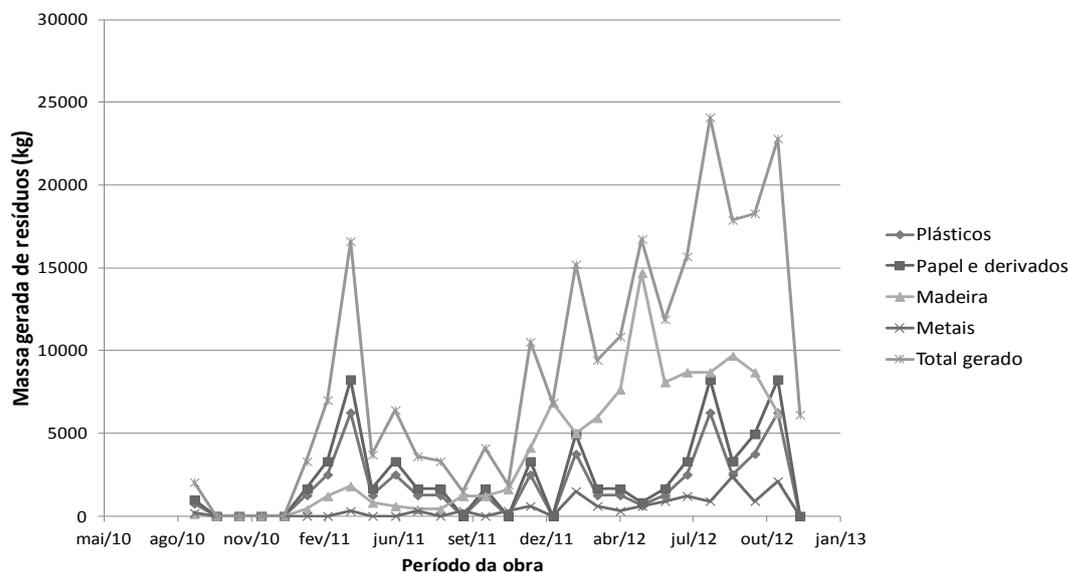
Ano	% Destinado para URE	% Destinado para Aterro
2010	0	1
2011	56,1	43,9
2012	78,2	21,8
<b>Total</b>	<b>76,8</b>	<b>23,2</b>

Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com a Tabela 1, pode-se perceber que a maior parte das caçambas foi destinada para a URE; sendo que de um total gerado de 677 caçambas de resíduos de Classe A, 76,8% foram enviadas para reciclagem e 23,2% para o aterro licenciado. De acordo com

Paschoalin Filho *et al* (2014), a utilização de Usinas de Reciclagem de Entulho (URE) como forma de destinação dos resíduos de Classe A, configura-se em uma alternativa em consonância com a hierarquia de gestão de resíduos apresentada na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e ao conceito do *triple bottom line*; além de representar um ponto de partida na reinserção dos resíduos gerados na cadeia produtiva da construção por meio da reciclagem.

Deve-se salientar que apesar de não ser o ideal, a destinação de RCC para aterros devidamente licenciados consiste em uma prática prevista para resíduos de Classe A, de acordo com a resolução nº307/2002 do CONAMA; sendo que estas áreas devem ser utilizadas para reserva dos RCC para futuras utilizações. Conforme o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo (PGIRS), o recebimento de RCC nos aterros municipais no ano de 2012 foi o equivalente a 4,3 mil toneladas/dia. Como os resíduos gerados em São Paulo, também são destinados para aterros em municípios vizinhos, o PGIRS estima uma geração de, aproximadamente, 18,5 mil toneladas diárias de RCC (PMSP, 2014). A Figura 3 apresenta a quantidade mensal, em termos de massa, dos resíduos de Classe B segregada durante o período da obra:



**Figura 3.** Quantidades mensais de resíduos Classe B segregadas durante o período da obra.  
Fonte: Dados da pesquisa

Por meio da Figura 3, pode-se notar que durante os meses de setembro de 2010 a janeiro de 2011, a massa de resíduos de Classe B descartada foi igual a zero. Em seguida, observa-se a elevação das massas descartadas em todo o período de estudo, apenas ocorrendo uma redução entre os meses de maio e outubro de 2011. Nota-se, também que os resíduos de madeira apresentaram-se predominantes em quase todo o período da obra.

Observa-se que nos meses de dezembro de 2011 e maio de 2012 ocorreram dois picos de geração de massa de resíduos de madeira. Tal fato pode estar correlacionado ao andamento das obras do edifício, uma vez que nestes meses ocorreram as operações de execução de formas e desfôrma das estruturas de concreto da estrutura.

Tal fato já havia sido observado por Cesar *et al.*(2009), que comentam que a maior parte dos resíduos de madeira é gerada durante a fase de execução das fôrmas das estruturas; uma vez que a maioria das empresas não apresenta preocupação com o corte e a racionalização mais apuradas destas peças. A partir do mês de Outubro de 2012, a obra entrou em período de acabamento; dessa forma, pode-se perceber uma redução nas massas de

resíduos de madeira descartadas e um acréscimo de massa referente a papeis e derivados, provenientes das embalagens dos materiais utilizados nesta fase executiva.

Dessa maneira, pode-se observar que o tipo do resíduo, bem como os volumes gerados apresentaram relação com a fase executiva da obra em que estes foram contabilizados. Esta situação, já foi observada por Naime e Garcia (2007), os quais destacam que os resíduos de construção variam quanto a natureza e quantidade de acordo com a fase da obra. De acordo com Souza *et al.* (2004), o entendimento de cada fase do processo executivo da obra constitui-se como o primeiro passo para a implementação de ações voltadas à redução da geração dos resíduos em cada etapa do processo construtivo. Além da etapa executiva, Souza *et al.* (2004) comentam que a forma ocorrência dos resíduos, também pode ser atribuída a causas específicas observadas no canteiro de obras. A grande incidência de resíduos de concreto e argamassa pode estar correlacionada, não só apenas a etapa do processo executivo (por exemplo, execução de revestimento, estrutura e alvenaria), mas, também a problemas que decorrem do manejo dos materiais e insumos, desde a fase e recebimento, passando pela estocagem e processamento final.

Durante o período compreendido por esta pesquisa, foi destinada para a cooperativa de reciclagem uma massa total de 239.710 kg de resíduos de Classe B, sendo composta, em maior quantidade, por resíduos de madeira, equivalendo estes a 45,6% da massa total verificada. Os resíduos plásticos, papéis e derivados, que somados totalizam 48,5% da massa total correspondem, em sua maior parte, aos resíduos das embalagens dos insumos utilizados na obra. Os resíduos metálicos, com ocorrência de 5,9%, da mesma forma que a madeira, foram, predominantemente, gerados durante a execução das armaduras das estruturas de concreto armado, instalação da estrutura metálica e caixilhos.

#### 4.2 Apuração dos indicadores econômicos com a venda dos resíduos de Classe B

A seguir é apresentada a apuração dos indicadores econômicos gerados com a comercialização dos resíduos Classe B e destinação dos Classe A. Deve-se destacar que os preços de transporte dos resíduos Classe A para destinação final foram cotados pelos pesquisadores em diferentes empresas, tal como já mencionado no item 3.0. De posse destes valores e das massas de resíduos geradas pôde-se calcular os custos totais transporte até o a destinação final. Salienta-se que foram pesquisadas empresas mais próximas da obra em estudos, de forma a minimizar o efeito da distância nos preços cotados. A Tabela 2 apresenta os preços de transporte das caçambas fornecidos pelas empresas pesquisadas:

**Tabela 2.** Custos fornecidos pelas empresas transportadoras prospectadas

Empresas	Custo de Transporte para Aterro licenciado e URE/caçamba
A	R\$ 270,00
B	R\$ 285,00
C	R\$ 325,00

Fonte: Dados da pesquisa

Por meio da Tabela 2, pode-se notar que os custos cotados mantiveram-se entre R\$ 270,00 e R\$ 325,00 por caçamba, ou seja, uma variação de, aproximadamente, 17%. Na Tabela 3, são apresentadas as quantidades de caçambas de resíduos de Classe A gerados na obra e o custo calculado de destinação destas, considerando-se o valor proposto pela empresa “A”:

**Tabela 3.** Custos totais de transporte de resíduos de Classe A para aterro licenciado

Ano	Quantidade de caçambas	Custo Total de destinação
2010	1	R\$ 270,00
2011	42	R\$ 11.340,00
2012	634	R\$ 171.180,00
<b>Total</b>	<b>677</b>	<b>R\$ 182.790,00</b>

Fonte: Dados da pesquisa

Estima-se pela Tabela 3 um gasto com a destinação dos resíduos de Classe A de R\$ 182.790,00, ou seja, cerca de R\$ 54,00/m<sup>3</sup> de resíduo destinado para o aterro. Como já mencionado anteriormente, ficou a cargo da cooperativa de reciclagem a coleta mensal dos resíduos de Classe B gerados na obra. Deste modo, ficou acordado entre a construtora e a cooperativa um preço de venda de R\$0,38/kg, independentemente do tipo de resíduo. Por meio dos valores apresentados na Tabela 4, podem ser apuradas as massas totais geradas a cada ano e os valores arrecadados pela obra com a venda dos resíduos:

**Tabela 4.** Massa de resíduos Classe B gerados e valores arrecadados pela obra

Período	Massa de resíduos (kg)	Valor de venda (R\$)
2010	2.040,0	775,2
2011	61.920,0	23.529,6
2012	175.750,0	66.785,0
<b>Total</b>	<b>239.710,0</b>	<b>91.089,8</b>

Fonte: Dados da pesquisa

Constata-se por meio da Tabela 4 que o ano de 2012 foi o que apresentou maior quantidade de resíduos de Classe B gerados; produzindo, assim, receita equivalente a 73% do montante arrecadado com a venda dos resíduos durante todo o período da obra. Tal fato indica a vantagem das operações de gerenciamento adotadas “*in loco*”, que possibilitaram ganhos financeiros com a comercialização dos resíduos de Classe B.

Com base nos valores obtidos com a venda dos resíduos de Classe B e nos custos de destinação dos resíduos de Classe A, foi calculado por meio da utilização da equação proposta (1) o saldo financeiro referente ao gerenciamento dos resíduos durante o período pesquisado.

$$SD_R = (PV_B \times Mt_B) - (C_c \times VT_A) \quad (1)$$

Em que:

$SD_R$  = Saldo econômico de destinação dos resíduos;

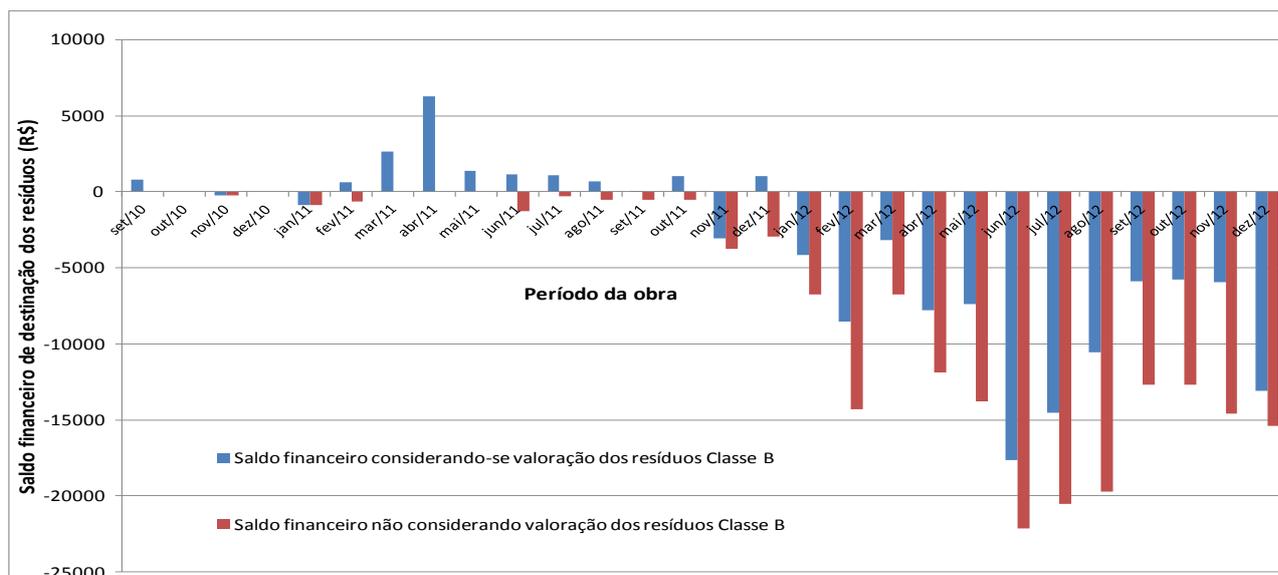
$PV_B$  = Preço de venda - resíduo Classe B (R\$/kg);

$Mt_B$  = Massa total - resíduo Classe B (R\$);

$C_c$  = Custo da caçamba (R\$/m<sup>3</sup>);

$VT_A$  = Volume total de resíduos de Classe A (m<sup>3</sup>).

Deve-se salientar que, na equação (1) não se considerou no primeiro termo desta o valor referente aos custos de destinação dos resíduos de Classe B para aterro, uma vez que este mesmo valor também deveria ser acrescido no cálculo do custo total de destinação dos resíduos (Classe A + Classe B), dessa forma este termo se anularia. A Figura 4, a seguir, apresenta a evolução mensal deste saldo e, também uma comparação com o saldo econômico, desconsiderando-se os valores obtidos com a venda dos resíduos de Classe B:



**Figura 4.** Comparação entre os saldos de destinação dos resíduos.

Fonte: Dados da pesquisa

Na Figura 4, nota-se que, durante o período compreendido entre os meses de setembro de 2010 e outubro de 2011, o saldo decorrente da destinação dos resíduos de Classe A e de Classe B foi favorável; ou seja, os valores obtidos com a venda dos resíduos de Classe B superaram os custos de destinação dos resíduos de Classe A, influenciados pelos baixos volumes de resíduos de Classe A produzidos na etapa construtiva referente a este período.

A partir do mês de novembro de 2011, em função dos elevados volumes de resíduos de Classe A produzidos, os custos de destinação destes excederam os valores obtidos com a comercialização dos resíduos de Classe B. Contudo, ao se comparar estes valores com o saldo calculado, desconsiderando-se a receita gerada pela comercialização dos resíduos de Classe B, nota-se que há uma diferença significativa entre estes, indicando uma economia mensal proporcionada pelo modelo de gerenciamento de resíduos adotado na obra.

Pode-se, também constatar por meio da equação (1) que a comercialização dos resíduos de Classe B gerou uma queda no custo total de destinação dos resíduos de Classe A de, inicialmente, R\$ 182.790,00 para, aproximadamente, R\$ 91.700,00; ou seja, uma redução no custo de caçamba de R\$54,00/m<sup>3</sup> para R\$27,00/m<sup>3</sup>, uma diferença de 50%.

## 5. CONCLUSÕES

Os resíduos gerados pelas obras de Construção Civil (RCC) correspondem a grandes percentuais nas massas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) descartadas diariamente em diversos municípios do Brasil. Contudo, grande parte destes resíduos pode ser valorada, principalmente os de Classe A e Classe B. Esta valorização pode ser obtida por meio do reuso do resíduo na própria obra, bem como na comercialização destes com cooperativas e empresas de reciclagem.

Dessa forma, este trabalho apresentou um estudo no qual foram constatados os ganhos econômicos proporcionados pelo manejo dos resíduos de Classe B gerados em uma obra na cidade de São Paulo por meio da comercialização destes com uma cooperativa de reciclagem, sendo que o montante arrecadado com a venda destes resíduos possibilitou a redução dos custos de destinação dos resíduos Classe A.

Em relação à destinação dos resíduos Classe A, a maior parte foi conduzida para Usina de Reciclagem de Entulho mais próxima ao local da obra. Apesar de não ter sido constatada pelos pesquisadores diferença de preço de transporte em função da destinação, deve-se

destacar que a o envio dos resíduos para URE consiste em uma prática sustentável, pois possibilita a reciclagem do resíduo, valorando-o e reinserindo-o na cadeia produtiva da Construção Civil. Dessa forma, o envio dos resíduos para URE não consiste em uma forma de destinação final, uma vez que estes lá são reciclados e novamente comercializados para obras em geral, retornando assim a seu ponto de partida. Também foi constatado por esta pesquisa que a composição gravimétrica dos resíduos foi influenciada pela etapa do processo executivo da obra. O conhecimento de tal tendência é de grande importância para que o gestor da obra possa prever e dimensionar as ações de gerenciamento de resíduos mais adequadas de acordo com cada fase construtiva.

Portanto, o manejo dos resíduos realizado na obra em estudo pode ser correlacionado ao conceito *triple bottom line*, sendo o pilar ambiental representado pela redução dos volumes de resíduos que provavelmente seriam destinados para aterro e na redução das emissões de carbono advindas das operações de transporte destes resíduos; o pilar econômico pode ser representado pelos ganhos obtidos em função da comercialização dos resíduos Classe B; enquanto que o pilar social pode ser relacionado a criação de mais um elo da cadeia produtiva da construção, a da reciclagem e comercialização dos resíduos gerados, possibilitando a inclusão de uma fração da mão de obra que outrora encontrava-se excluída do mercado de trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-HAJJ, A.; HAMANI, K. Material waste in the UAE construction industry: Main cases and minimization practices. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 7, n. 4, p. 221-235, 2011.
- ÂNGULO, S.C.; JOHN, V. M.; ULSEN, C.; KAHN, H.; MUELLER, A. Separação óptica do material cerâmico dos agregados mistos de resíduos de construção e demolição. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.13, n. 2, p. 61-73, abr. / jun. 2013.
- ARIF, M.; BENDI, B; TOMA-SABBAGH, T. *Construction waste management in India: an exploratory study*. **Construction Innovation**, v. 12, n. 2, p. 133-155, 2012
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 4p.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, Brasil, 116p, 2012.
- BOHNE, R.; BRATTEBE, H.; BERGSDAL, H. Dynamic eco-efficient projections for construction and demolition waste recycling strategies at the city level. **Journal of Industrial Ecology**, v. 12, n. 1, p. 52- 60, 2009.
- BRASIL. **Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 02/04/2014.
- CARMO, D. S.; MAIA, N. S.; CÉSAR, C. G. Avaliação da tipologia dos resíduos de Construção Civil entregues nas usinas de beneficiamento de Belo Horizonte. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 187-192, 2012.
- CESAR, S.F, COSTA, M.L, CUNHA, R.D.A. Identificação, Caracterização e Gestão de Resíduos de Madeira em Obras de Edificações em Salvador/BA. In: **Anais... IN: III Encontro Latino-Americano sobre Construções e Comunidades Sustentáveis**. Recife, 2009.
- COELHO, A.; BRITO, J. Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal – part I: location, materials, technology and economic analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 39, n. 4, p. 338-352, 2013.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE: **Resolução nº. 307**, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da Construção Civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 de julho de 2002.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº. 431**, de 25 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

CORONADO M.; DOSAL, E.; COZ, A.; VIGURI, J. R.; ANDRÉS, A. Estimation of construction and demolition waste (C&DW) generation and multicriteria analysis of C&DW management alternatives: A case study in Spain. **Waste Biomass Valor**, v. 2, n. 2, p. 209-225, 2011.

DELONGUI, L.; PINHEIRO, R. J. B.; PEREIRA, D. S.; SPECHT, L. P.; CERVO, T. C. Panorama dos resíduos da Construção Civil na região central do Rio Grande do Sul. **Revista Teórica e Prática na Engenharia Civil**, Rio Grande do Sul, n. 18, p. 71-80, nov. 2011.

DEMIRBAS, A. Waste management, waste resource facilities and waste conversion process. **Energy Conversion and Management**, v. 52, n. 2, p. 1280-1287, 2011.

DUARTE, E.B.L. **Resistência a compressão de argamassa composta por resíduo de construção e demolição e politereftalato de etileno (PET) em flocos**. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade). Universidade Nove de Julho, 2013. 170 p.

FISCHER, C., E WERGE, M. ETC/SCP EU as a Recycling Society. Present recycling levels of Municipal Waste and Construction & Demolition Waste in the EU. **Working Paper 2/2009**. European Environment Agency, 2009.

HEIJDEN, J. V, der; BUEREN, E. V. Regulation sustainable construction in Europe. **International Journal of Law in the Built Environmental**, v. 5, n.1 p. 5-20, 2013.

HU, M.; VOET, E.; HUPPES, G. Dynamic material flow analysis for strategic construction and demolition waste management in Beijing. **Journal of Industrial Ecology**, v. 14, n. 3, p. 440-448, 2010.

HWANG, B.; YEO Z. B. Perception on benefits of construction waste management in the Singapore construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 18, n. 4, p. 394-406, 2011.

INGLEZAKIS, V. J.; ZORPAS, A. Industrial hazardous waste in the framework of EU and international legislation. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 22, n. 5, p. 566-580, 2011.

KATZ, A; BAUM, H. A novel methodology to estimate the evolution of construction waste in construction sites. **Waste Management**, v. 31, n. 2, p. 353-358, 2011.

KRALJ, D. Innovative systemic approach for promoting sustainable innovation for zero construction waste. **Kybernetes**, v. 40, n.1/2, p. 275-289, 2011.

LAGE, I. M.; ABELLA, F. M.; HERRERO, C. V.; ORDOÑEZ, J. L. P. Estimation of the annual production and composition of C&Debris in Galicia (Spain). **Waste Management**, v. 30, n. 4, p. 636-645, 2010.

LEIVA, C.; SOLÍS-GUZMÁN, J.; MARRERO, M. ARENAS, C. G. Recycled blocks with improved sound and fire insulation containing construction and demolition waste. **Waste Management**, v. 33, n. 2, p. 663-671, 2013.

LEITE, R. A.; PANDOLFO, A.; GOMES, A. P.; CORRÊA, R.; PANDOLFO, L. M.; MARTINS, M. S. Usina de reciclagem de resíduos de construção e demolição do município de Passo Fundo (RS): avaliação da viabilidade econômica. **RECEN**, Guarapuava, v.12, n. 1, p. 107-129, jan. / jun., 2010.

LINHARES, S.P, FERREIRA, J.A, RITTER, E. Avaliação da implantação da resolução n. 307/2002 do CONAMA sobre gerenciamento de resíduos de Construção Civil. **Revista Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v.3, n.3, p.179-194, 2007.

LIMA, A. S.; CABRAL, A. E. B. Caracterização e classificação dos resíduos de Construção Civil da cidade de Fortaleza (CE). **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 169-176, 2013.

MÁLIA, M.; BRITO, J.; BRAVO, M. Indicadores de Resíduos de Construção e Demolição para Construção Residenciais Novas. **Revista Ambiente Construído**, v. 11, n. 3, p. 117-130, jul. / set., 2011.

MARCONDES, F.C.S; CARDOSO, F.F. Contribuição para aplicação do conceito de logística reversa na cadeia de suprimentos da Construção Civil. **Anais...** In: IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia na Construção. Porto Alegre, 2005.

MARQUES NETO, J. C.; SCHALCH, V. Gestão dos resíduos de construção e demolição: Estudo da situação no município de São Carlos-SP, Brasil. **Revista Engenharia Civil da Universidade do Minho**, n. 36, p. 41-50, 2010.

NAIME, R., GARCIA, A.C.A.Gestão de resíduos sólidos na construtora Melnick. **Revista UniCiências**, Porto Alegre, v.11, p35-50, 2007.

OYEDETE, L. O.; REGAN, M.; MEDING, J.; AHMED, A.; OBAS, J.; ELNOKALY, A. Reducting waste to landfill in the UK: identifying impediments and critical solutions. **World Journal of Science, Technology and Sustainable Development**, v. 10, n. 2, p. 131-142, 2013.

PASCHOALIN FILHO, J.A.; ROMÃO, A.S.; QUARESMA, C.C.; DUARTE, E.B. Usina de reciclagem de entulho como alternativa na redução dos impactos da Construção Civil: Um estudo de caso na Usina Cabuçu/Guarulhos. **Anais...** In: Encontro Internacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. São Paulo, 2014.

PINTO, T. P.; GONZÁLEZ, J. L. **Manejo e Gestão de Resíduos de Construção Civil – Volume 1 – Manual de Orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios**. 196 p. Brasília: Caixa, 2005.

RAUT, S. P.; RALEGAONKAR, R. V.; MANDAVGANE, S. A. Development of sustainable construction material using industrial and agricultural solid waste: A review of waste-create bricks. **Construction and Building Materials**, v. 25, n. 10, p. 4037-4042, 2011.

SEGANTINI, A. A. S.; WADA, P. H. Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição. **Acta Scientiarum Technology**, v.33, n.2, p.179-183, 2011.

SILVA, V. A.; FERNANDES, A. L. Cenário do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RCC) em Uberaba-MG. **Revista Sociedade & Natureza**, v.24, n.2, p. 333-344, 2012.

SOUZA, U.E.L.; PALIARI, J.C; AGOPYAN, V; ANDRADE, C.A. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre,v.4, n.4, p33-46. 2004.

TAM, V. W. Y. Comparing the implementation of concrete recycling in the Australian and Japanese construction industries. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 2, p. 688-702, 2009.

YATES, J. K. Sustainable methods for waste minimisation in construction. **Construction Innovation**, v. 13, n. 3, p. 281-301, 2013.

YU, A. T. W.; WONG, C. S.; WONG, A.; YIP, R.; JAILLON, L. Impact of construction waste disposal charging scheme on work practices at construction sites in Hong Kong. **Waste Management**, v. 33, n. 1, p. 138-146, 2013.

YUAN, H.; CHINI, A. R.; LU, Y.; SHEN, L. A dynamic model for assessing the effects of management strategies on the reduction of construction and demolition waste. **Waste management**, v. 32, n. 3, p. 521-531, 2012.

YUAN, H. P.; SHEN, L. Y.; HAO, J. J. L.; LU, W. S. A model for cost-benefit analysis of construction and demolition waste management throughout the waste chain. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 6, p. 604-612, 2011.

YIN, R. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. 4<sup>a</sup> ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.