

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

COMPOSIÇÃO DOS RCD GERADOS EM ETAPA DE PÓS OBRA ORIGINADAS DE CORREÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES VERTICAIS

*Marcelo Oliveira Caetano¹
Fernanda Bonini Lambiase¹
Luciana Paulo Gomes¹

COMPOSITION OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE FROM PATHOLOGICAL RECTIFICATION IN VERTICAL BUILDINGS

Recibido el 20 de noviembre de 2015; Aceptado el 10 de octubre de 2016

Abstract

Post-construction, or rectification period, is the time after a building is finished that includes liability terms concerning the product delivered to the customer, meaning that the pathological manifestations or abnormalities against standards observed in a construction, even after it is finished, have to be rectified by the contractor. These rectification works are a potential source of construction and demolition waste (CDW). Yet, despite being usually small, the volumes of CDW generated require appropriate management according to legislation. Because of the difficulties to quantify CDW, whether due to the small volumes generated, the varied composition of this waste, or even the several possible reasons behind the need for rectification works, the present case study describes the grain size distribution of CDW in the post-construction stage of two buildings of different quality standards, premium and regular. Types of CDW and the respective rectification works that generated them were associated using the data provided by a building company about vertical housing constructions. The data analyzed were stored in the company's database, which keeps the records of rectification works in the post-construction period, and were used to estimate the amounts and types of CDW generated by each rectification intervention. The results show that most CDW generated was recyclable. Roughly 71% and 67% of the total CDW generated in the premium and regular buildings were potentially reusable, respectively. The highest occurrence of pathological manifestations (22% on average), and therefore the greatest potential to generate CDW was observed for categories "Waterproofing", "Plumbing", and "Solidity and Safety of Construction". Even though grain size distribution from CDW from the premium and regular constructions were similar, the pathological manifestations rectified in each varied significantly. While 161 rectification works were carried out in the premium building, 399 were necessary in the regular construction. Severe problems were observed in the latter, in the category "Solidity and Safety of Construction" due to quality issues in materials and labor. The results point to a likely relationship between quality of a building and the volume of CDW it generates.

Keywords: CDW, Construction and Demolition Waste, Post-Construction Stage, Pathological Manifestations, Construction Standard.

¹Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Brasil. *Autor corresponsal: Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil / Unisinos. Avenida Unisinos, 950. CEP 93022-750 - São Leopoldo – RS - Brazil. Email: mocaetano@unisinos.br

Resumo

Após a finalização da obra, etapa denominada de pós obra, existe um período de garantia do produto entregue para o cliente. As manifestações patológicas ou não conformidades que ocorram na edificação, mesmo posterior a finalização da obra, devem ser corrigidas pelo construtor. E, essas ações corretivas são potenciais para geração de resíduos de construção e demolição. Embora boa parte das vezes representem pouco volume, estes devem ser gerenciados adequadamente conforme a legislação vigente. Devido as dificuldades em quantificar este tipo de RCD; seja pelo pequeno volume, heterogeneidade, diversificação dos motivos das correções, entre outros; esta pesquisa propôs um levantamento da composição gravimétrica dos resíduos gerados na etapa de pós obra relacionando a classe do RCD e as não conformidades identificadas e corrigidas nesta etapa. O Estudo de Caso em uma Construtora abordou duas Obras Residenciais Verticais com dois padrões construtivos diferentes (alto e médio padrão). A coleta de dados foi realizada a partir de um banco de dados digital da Construtora que registra as correções executadas pós obra. Foram identificadas as ocorrências e a partir disso, fez-se a estimativa da geração e classificação dos RCD gerados para cada tipo de não conformidade corrigida. Os resultados obtidos demonstraram uma predominância da geração de resíduos com potencial de serem reciclados. Cerca de 71% e 67% do total de RCD gerados pelos empreendimentos de alto e médio padrão, respectivamente, poderiam estar sendo enviados para reaproveitamento. Os subsistemas construtivos com maior ocorrência de manifestações patológicas pós obra (média de 22%) e, conseqüentemente, maior geração de RCD foram “Impermeabilização”, “Instalação Hidráulica”, “Solidez e Segurança da Construção”. Mesmo apresentando uma composição gravimétrica de RCD similares, comparando os empreendimentos de médio e alto padrão, percebeu-se uma grande diferença na quantidade de manifestações patológicas (ocorrências) identificadas e reparadas. Enquanto que para o primeiro (padrão alto) foram detectadas 161 ocorrências, para o Empreendimento 2 foram atendidas 339 ocorrências (padrão médio). Da mesma forma, para o segundo empreendimento foram identificadas correções graves no subsistema “Solidez Segurança do Edifício” devido a problemas de qualidade de material e mão de obra. Este fato pode indicar uma relação de influência entre o padrão construtivo e o volume de RCD gerado.

Palavras chaves: RCD, Resíduos de Construção e Demolição, Pós Obra, Patologia, Padrão Construtivo.

Introdução

A principal legislação federal brasileira referente ao tema Resíduos de Construção e Demolição (RCD), Resolução nº 307 do CONAMA (2002), atribui responsabilidades para o poder público municipal e também para os geradores de resíduos. Além disso, define critérios para classificação e estabelecimento de possíveis destinações finais dos resíduos da construção e demolição no Brasil. Segundo a legislação, os RCD são classificados como: Classe A (reutilizáveis ou recicláveis como agregados); Classe B (recicláveis para outras destinações); Classe C (resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis) e Classe D (perigosos).

Ainda dentre as ferramentas legais e normas técnicas existentes no país aplicadas a resíduos de obra, destaca-se a Lei 12305 – Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010) e a NBR 10.004 (ABNT, 2004). Esta última aborda uma classificação dos resíduos sólidos em: Classe I (resíduos perigosos com características de periculosidade, inflamabilidade, combustibilidade,

patogenicidade e/ou toxicidade); Classe IIA (resíduos não perigosos não inertes) e Classe IIB (resíduos não perigosos inertes).

Em relação ao gerenciamento de resíduos em obras; a geração, composição gravimétrica e a classificação dos RCD são amplamente abordadas na literatura. Sáez *et al.* (2014) relata que a dificuldade de manuseio de RCD nos canteiros de obras não é uma novidade e continua sendo um problema ambiental. Contudo, entender a composição quali-quantitativa destes resíduos é essencial para otimização do gerenciamento dos mesmos.

No caso da União Europeia, a falta destes dados de geração e composição de resíduos de construção e demolição é a grande barreira, conforme Llatas (2011), para o atendimento da meta para recuperação de 70%, em peso, dos RCD. Assim a pesquisa do autor propôs um modelo que permite a estimativa de geração durante a fase de concepção da obra. Os resultados da aplicação do modelo proposto demonstraram que as maiores gerações de RCD estão relacionadas as etapas de pintura, limpeza do terreno e estrutura. Considerando as fases de acabamento, o modelo estimou geração de: 0.0127 m³/m² (cobertura); 0.0007 m³/m² (revestimentos); 0.0024 m³/m² (carpintaria); 0.0029 m³/m² (vidros) e 0.4193 m³/m² (pinturas).

O autor ainda relatou diversos indicadores de geração de resíduos na Espanha utilizando a base de dados do Governo Espanhol de 2007. Segundo ele, em 2010 a Espanha gerou 39.27 milhões de toneladas de RCD. Em relação a composição gravimétrica, Llatas (2011) apresenta que na Espanha: 54% é cerâmica, 12% concreto, 7% rejeito, 5% rochas, 5% asfalto, 4% agregado, 4% madeira, 2.5% metais, 1.5% plástico, 0.5% vidro, 0.3% papel, 0.2% gesso e 4% outros. O autor também apresenta os indicadores de geração: 120.0 kg/m² para novas construções; 338.7 kg/m² para reabilitação; 1129.0 kg/m² para demolição total e 903.2 kg/m² para demolição parcial.

Kern *et al.* (2015) também relata que a quantificação deste tipo de resíduo pode ser um processo bastante difícil devido à grande variabilidade dos projetos, sistemas construtivos e materiais utilizados nas obras. De forma a contribuir para o tema, a pesquisa de Kern *et al.* (2015) abordou um modelo estatístico para determinar a quantidade de resíduos gerados na construção de edifícios e a influência do projeto e sistema construtivo neste contexto. Os autores demonstraram que a geração de RCD é influenciada, não apenas por um incidente isolado, mas por uma combinação de fatores. Com características como a repetição de pavimentos, compacidade do prédio, práticas de reciclagem de resíduos no canteiro de obras, área de piso e sistema construtivo; foi possível estimar a quantidade de resíduos gerados de quase 70% das edificações estudadas.

Neste mesmo tema a pesquisa de Ding & Xiao (2014) objetivou desenvolver uma metodologia para estimativa quantitativa e de composição dos RCD, porém em uma região com rápido

desenvolvimento como é o caso de Shanghai na China. Para isto, os autores consideraram as variedades dos tipos de estruturas e sistemas construtivos utilizados na região em diferentes décadas.

Para Shanghai, Ding & Xiao (2014) descrevem que em 2012 foram gerados, aproximadamente, 13.71 milhões de toneladas de RCD. A composição gravimétrica dos resíduos de construção gerados no período era: 42.9% (concreto); 38.3% (tijolos e blocos); 11.2% (madeira); 6.5% (metal); 1.1% (gesso). Para os resíduos de demolição, a composição era: 63.8% (tijolos e blocos); 22.6% (concreto); 8.4% (madeira); 3.1% (metal); 2.1% (gesso). Uma análise geral demonstra que 80% eram resíduos de concreto, tijolos e blocos. Ou seja, uma elevada parcela de resíduos que poderiam ser reciclados se fosse implantada medidas e tecnologias apropriadas de reciclagem.

Os mesmos pesquisadores apresentam também indicadores de geração de RCD no mundo. Alguns destes estudos estão a seguir resumidos: Estados Unidos (2003): geração de 170 milhões de toneladas (39% de origem residencial e 61% de origem não residencial); Grécia (2000): geração de 3,9 milhões de toneladas; Noruega (2002): geração de 1.3 milhões de toneladas, sendo que 67% eram concretos; Espanha (2009): novas construções geraram 0.3076 m³/m² e demolições 1.2676 m³/m²; Coréia do Sul (1999): 8.63 milhões de toneladas.

Por fim, a pesquisa ainda descreve uma geração per capita de RCD em Shanghai, para o ano de 2010, de 842 kg/hab. Este dado se mostra maior em relação ao indicador de outros países como: Estados Unidos (cerca de 520 kg/hab.ano); Alemanha (cerca de 710 kg/hab.ano); Reino Unido (cerca de 500 kg/hab.ano); Austrália (cerca de 400 kg/hab.ano); Japão (cerca de 800 kg/hab.ano); Grécia (646 kg/hab.ano); Portugal (186 kg/hab.ano) (Ding & Xiao, 2014).

Ainda na China, um outro estudo da composição gravimétrica dos resíduos gerados por casas e edifícios desmoronados devido ao terremoto Wenchuan, que ocorreu em 12 de maio de 2008, na província de Sichuan; mostrou uma geração de: 54.59% de concreto; 39.76% tijolos; 2.20% de metal; 3.29% de madeira e 0.16% de outros resíduos (Xiao *et al.*, 2012).

Já o estudo de Mália *et al.* (2011), estimou indicadores de geração de RCD considerando: construções residenciais e não residenciais novas, demolição residencial e não residencial, reabilitação residencial e não residencial. A conclusão dos pesquisadores é que 80% do total de resíduos gerados (quando não são contabilizados os solos de escavação) é composto por concreto e materiais cerâmicos. Destacaram também a geração de resíduos de madeira e gesso relativos a etapas de acabamentos. Para edifícios com estrutura em madeira, o indicador de geração de RCD ficou na faixa de 10 a 39 kg/m². Enquanto que para edifícios com estrutura em concreto, este dado variou entre 44 e 115 kg/m².

No trabalho de Sáez *et al.* (2014), os autores demonstraram que o uso de paredes com placas de gesso pode reduzir cerca de 15%, em peso, da geração de RCD por m² de área construída, em comparação com o uso de alvenaria de tijolo tradicional. Os autores ainda concluem que as atividades com alvenaria e de acabamentos são responsáveis por mais de 30% do RCD gerado em todas as fases da obra, tanto em volume como em peso.

Em relação ao Brasil, a ABRELPE (2014) relata que foram coletados em 2014, 122,262 ton/dia de resíduos de construção e demolição. Um índice de geração igual a 0.603 kg/hab.dia. Isto representa um aumento aproximado de 4.1% em relação a 2013 (117,435 ton/dia e geração per capita de 0.584 kg/hab.dia). O Estado do Rio Grande do Sul contribuiu com 13.5% deste indicador com geração anual de 16,513 ton/dia ou 0.569 kg/hab.dia.

A nível nacional, são inúmeros os trabalhos que apresentam estudos sobre composição gravimétrica de RCD. A seguir um breve histórico de pesquisas nacionais na área:

- Formoso *et al.* (2002) investigou a geração de RCD em 74 obras em diferentes regiões do Brasil. Os pesquisadores relatam a grande geração e heterogeneidade dos resíduos de construção e demolição no país. Ainda segundo os autores, grande parte destes resíduos podem ser evitados com ações gerenciais preventivas como controle de processos e planejamento de produção.
- Carneiro (2005) em um estudo sobre a geração de RCD na cidade de Recife/PE analisou dados em fases distintas de obras. Concluiu que a fase de produção de uma edificação responsável pelos maiores índices de geração de RCD é a fase de acabamento, precedida pelas fases estruturais e de fundações.
- E, em Passo Fundo (Brasil), Bernardes *et al.* (2008) apresenta os resultados de classificação de RCD do município. Segundo os pesquisadores, do total coletado de RCD em Passo Fundo o maior percentual foi o Classe A, com 94.8%. Seguido do Classe B, com 3.1% e o Classe C, com 2.1%. Os autores também concluem que estes quantitativos justificam uma política de reaproveitamento e reciclagem dos RCD do município, visto que mais de 94% podem ser reutilizados ou reciclados. Bernardes *et al.* (2008) ainda estima um volume anual de RCD para o município igual a 27,130 m³, ou, 36,897 toneladas. Isto equivale a uma geração per capita de 0.55 kg/hab.dia. Segundo o levantamento, deste total, 42.5% são originados de reformas e demolições; 18.6% obras residências; 16.7% de limpeza de terreno; 11.1% de prédios em construção e 11.1% de terra bruta e escavações.
- Miranda *et al.* (2009) descreve um panorama de reciclagem de RCD no Brasil entre os anos de 1986 e 2008. No estudo, os autores realizaram um levantamento de canteiros de obras que implantaram a triagem dos resíduos de obra e concluíram acerca dos benefícios desta ação. Além disso, ainda levantaram a taxa de crescimento, capacidade e condições operacionais das usinas de reciclagem de RCD no país. Entre os resultados, apresentou-se uma composição média das classes dos resíduos da construção civil para uma obra de edifício residencial multipiso compreendendo todo seu período de execução (22 meses). Conforme os autores, nas duas obras

estudadas (Obra A – levantamento de geração de RCD em toda a obra e Obra B – resíduos apenas da fase de estruturas), a maior geração de RCD, em volume, foi Classe A (50.8% Obra A e 37.5% Obra B) e Madeira (31.4% Obra A e 42.0% Obra B). A Obra A ainda apresentou geração de 7.1% de resíduos de gesso; 6.9% papel; 3.2% plástico e 0.6% de metal. Em relação a composição de RCD por massa, os mesmos autores apresentam uma geração de resíduos de Classe A que representa cerca de 80% do total de resíduos gerados na obra. A justificativa para este dado é que os resíduos classe B (madeira, papel, plástico e metal) possuem densidade aparente inferior a 0.25 t/m^3 , enquanto que o resíduo classe A e o gesso possuem densidade aparente superior a 1.0 t/m^3 .

- Marques Neto & Schalch (2010), em uma pesquisa realizada no estado de São Paulo para os anos de 1999 a 2002, apontam que a etapa de acabamentos pode chegar a ser responsável por 59% do volume de resíduo gerado durante uma construção.

- Araújo & Carnaúba (2010) estudaram a composição gravimétrica e massa específica dos RCD oriundos de obras verticais de Maceió. A pesquisa destaca que 96.44% do volume de RCD gerado é classificado com Classe A, podendo ser recicláveis como agregados. O estudo ainda apontou que 1.31% dos resíduos podem ser recicláveis para outras destinações (Classe B); 1.79% não são recicláveis e 0.46% do volume de RCD foi considerado classe D (perigoso). A massa específica média determinada foi de 1.69 ton/m^3 . Os autores ainda determinaram que dos resíduos classificados como Classe A: 32.02% são concreto, alvenaria e argamassa; 20.80% concreto sem impurezas; 19.46% alvenaria sem revestimento cerâmico; 17.84% alvenaria sem impurezas; 9.06% alvenaria com presença de terra e vegetação e 0.82% material asfáltico.

- O diagnóstico de RCD em Fortaleza, apresentado por Oliveira *et al.* (2011), demonstrou que os locais licenciados para recebimento deste tipo de resíduos sólido recebem cerca de 702 toneladas por dia. A estimativa é de 0.12 ton/hab.dia de RCD. O sistema movimenta R\$ 4.5 milhões anualmente e que quase metade desse montante é aportado somente pela Prefeitura Municipal. Em relação a composição gravimétrica os autores relataram as maiores proporções de geração de resíduos. Segundo Oliveira *et al.* (2011), 65% do total de RCD gerados em Fortaleza podem ser classificados como classe A (38% de argamassas, 14% concreto e 13% cerâmica vermelha). Conforme os pesquisadores, estes dados corroboram para a afirmação de que as maiores perdas, em obras, ocorrem nas fases de concretagem, alvenaria emboço/reboco e revestimento.

- A pesquisa apresentada por Angulo *et al.* (2011), em um município de 36,300 habitantes na região Noroeste do estado de São Paulo, mostrou uma geração total de 13,223 ton/ano. Destes, 2,329 ton/ano estão relacionados a construção e 10,894 ton/ano estão relacionados a demolição. Foram avaliados dois métodos de quantificação, um indireto e outro direto, considerando a produção advinda dos agentes informais (reforma) e formais (construção). Angulo *et al.* (2011) conclui que 91% dos RCD foram classificados como Classe A e 9% como Classe B. Não foram identificados resíduos classe C e D.

- Em Pelotas (Brasil), Tessaro *et al.* (2012) apresentou uma geração de RCD para o município igual a 315.08m³ por ano; representando uma taxa de geração per capita de 1.23 kg/hab.dia e uma densidade igual de 1.28 ton/m³. Destes, 88% são resíduos classificados como Classe A (fração mineral composta de argamassas, concretos, material cerâmico e solo natural), com potencial para serem reutilizáveis ou recicláveis na forma de agregado. Além disso, 11% são resíduos classe B (madeira, metal, plástico, papel, vidro e gesso) e 1% é matéria orgânica.

- Por fim, Caetano *et al.* (2016) em um estudo sobre a composição gravimétrica dos RCD gerados na etapa de acabamentos de obras residenciais horizontais de baixo padrão em Canoas (Brasil), mostrou a geração de: 39.13% de madeira; 23.19% de plásticos, papel e metal; 16.09% de gesso; 12.99% de demolição (concreto, argamassa, cerâmica, etc); 8.38% de embalagens contaminadas e 0.22% de fios. Como indicador de produção de RCD, a geração média para a fase de acabamentos representou 0.58m³/casa ou 0.012 m³/m² de área útil construída. Para acabamentos finos, o índice obtido foi de 0.46m³/casa ou 0.0098 m³/m² e para acabamentos brutos foi de 1.11 m³/casa ou 0.0237 m³/m².

Em relação a etapa de “pós obra”, existe um período em que há a necessidade de acompanhamento da edificação de forma a identificar e executar reparos decorrentes de falhas de execução, especificação ou tipo de material e/ou mudança de projeto. Estas não conformidades são originadas a partir de manifestações patológicas nesta edificação. No Brasil, considera-se um tempo de acompanhamento (garantia) de 5 anos após a emissão da autorização para habitação (Habite-se).

Neste período é comum a geração de resíduos de demolição ligado, principalmente, a serviços de acabamento, como: correção de rebocos, pintura, gesso, esquadrias, etc. A tendência é a geração de RCD com potencial de serem reciclados: gesso, embalagens de papel e plástico, madeira, metal.

Neste aspecto, todas as pesquisas nacionais e internacionais anteriormente abordadas demonstram uma grande quantidade de resíduos de construção e demolição com potencial para reutilização. Na Europa, Ortiz *et al.* (2010) relatam que a Holanda está buscando incrementar seus processos de reciclagem de RCD. Dinamarca e Bélgica possuem índices de reciclagem deste tipo de resíduo superior a 80%. Em Portugal e Espanha, o índice de reaproveitamento é de 40%.

No Brasil, Karpinsk *et al.* (2009), por exemplo, cita que 83% dos RCD são potencialmente recicláveis no próprio setor da construção civil, com a possibilidade de aproveitamento no próprio local onde são gerados.

Já Caetano *et al.* (2016) apresentou a potencialidade de reciclagem de 92% dos RCD gerados na fase de acabamentos em obras horizontais de baixo padrão. Destes, no mínimo, cerca de 13% (resíduos de demolição) podem ser reaproveitados diretamente na própria obra.

Evangelista *et al.* (2010) apresentou um estudo de viabilidade da reciclagem de resíduos classificados como classe A em obras brasileiras. Os autores confirmam o índice de 80% do total de RCD gerados em uma obra que são passíveis de reciclagem. Com este quantitativo, estimam um retorno econômico para uma central de reciclagem de RCD no canteiro. O ganho estimado para os meses subsequentes à recuperação do investimento foi calculado em R\$ 7.011,27 / mês. Ou seja, além de viabilidade ambiental, a reciclagem de resíduos classe A também é viável economicamente.

Mesmo assim, no país, ações de reciclagem de RCD nos canteiros de obra ainda são mínimas ou quase inexistentes. Situação similar ao abordado por Ding & Xiao (2014) em sua pesquisa na China.

Em muitos casos, a dificuldade de reaproveitamento de RCD nos canteiros está diretamente relacionada à inexistência de um adequado inventário quantitativo e qualitativo destes resíduos. Sem isto, não existe possibilidade de segregação e classificação e, muito menos, de verificação da viabilidade econômica e técnica de reciclagem do resíduo na própria obra (Caetano *et al.*, 2016). Os mesmos autores ainda descrevem que, outro fator limitante, como bem relatado nos diversos trabalhos da literatura, é a heterogeneidade dos resíduos devido à variabilidade dos insumos, sistemas construtivos e fases de obra. A estratificação da composição dos resíduos para cada etapa se torna imprescindível para se obter um adequado estudo do gerenciamento dos RCD.

No caso da etapa de pós obra, ainda há dificuldades adicionais. Em quase todos os casos, já há moradores no local e não existe mais um “canteiro de obras”. O gerenciamento de RCD não é efetivado e é usual observar estes resíduos sendo misturados e descartados de forma inadequada.

Neste contexto, a pesquisa proposta visa contribuir na determinação quali-quantitativa dos RCD gerados pós obra com o intuito de identificar resíduos potencialmente recicláveis e aqueles rejeitos que devem ser encaminhados para área ambientalmente adequadas. Para tal, fez-se uma proposta de estudo de caso aplicado em obras residenciais verticais. Além de identificar a composição gravimétrica dos RCD gerados, relacionou-se a geração de resíduos com o subsistema construtivo.

Metodologia

A metodologia apresentada a seguir está subdividida em 03 partes. Primeiramente definiu-se o Estudo de Caso. A segunda fase do projeto foi o levantamento de dados das ocorrências/manifestações patológicas a partir de um banco de dados existente na empresa. Por

fim, executou-se uma pesquisa quantitativa de forma a determinar a ocorrência e distribuição de RCD por categoria e por subsistema construtivo aplicável para o período pós obra.

2.1 Estudo de Caso

A empresa estudo de caso possui 23 anos no mercado imobiliário. Ao longo de sua história lançou empreendimentos em mais de 14 estados brasileiros. Nos últimos anos foram mais de 24 mil unidades entregues em empreendimentos do padrão econômico ao alto padrão, nos segmentos residencial, comercial, de turismo e loteamentos. Sua sede localiza-se em São Paulo e possui filiais em Minas Gerais, Rio Grande do Sul e no Pará, regiões onde atualmente concentra seu foco estratégico.

Dentre os diversos controles de gestão corporativa, a empresa possui um sistema informatizado para controle de pós obra (identificação de manifestações patológicas e reparos). O banco de dados está ativo desde de 2002.

Para esta pesquisa, utilizou-se deste banco de dados para investigar dois empreendimentos a seguir detalhados. Ambos são edificações verticais com sistema construtivo do tipo viga-pilar. Um empreendimento é considerado edificação de alta padrão e o outro médio padrão:

- *Empreendimento 1:* edificação de alto padrão, localizado na cidade de Florianópolis (Brasil), em uma área a beira mar. A amostra era de 38 apartamentos distribuídos em quatro torres de quatro andares cada. Havia unidades com diversas tipologias como: “lofts”, apartamentos de dois a cinco dormitórios com suíte e piscina privativa. Construído com sistema totalmente estruturado (sistema viga-pilar), alvenaria de vedação nas paredes externas e internas, com forro em gesso em toda a unidade e revestimento cerâmico entregue nas áreas molhadas. Infraestrutura completa com piscinas, salões de festas, guarita, espaço “kids” (aberto e fechado) acesso privativo a praia, bosque preservado;

- *Empreendimento 2:* edificação de médio padrão, situado na cidade da Canoas (Brasil). São 296 aptos distribuídos em 4 torres de 14 andares cada, com unidades com 2 ou 3 dormitórios com suíte. Construído com sistema totalmente estruturado (sistema viga-pilar), alvenaria de vedação nas paredes externas e “dry-wall” nas áreas internas, com forro em gesso nas áreas molhadas e revestimento argamassado nas demais peças, revestimento cerâmico entregue nas áreas molhadas. Como itens de infraestrutura há piscina para adultos e infantil, salões de festas, guarita, espaço “kids” (aberto e fechado), “garageband”, “lan house”.

2.2 Coleta de Dados

Os dados foram coletados a partir do sistema informatizado utilizado pela empresa. Neste sistema cada solicitação realizada por um cliente, pós obra, era registrada via central de relacionamento, analisada e computada no software de gestão.

Este leva em consideração a data da licença para habitação (Habite-se) e a data de solicitação para verificação da garantia da edificação (conforme tabela de garantias do Sindicato da Construção Civil de São Paulo – Sinduscon/SP). Caso a solicitação esteja na garantia, se registra a ocorrência/patologia no sistema, evidenciando o ambiente e não-conformidade solicitada. Após a conclusão dos reparos, o registro de solicitação é encerrado, sendo descrito os materiais, local exato da patologia, bem como a técnica utilizada.

A Tabela 1 apresenta a ferramenta de coleta de dados utilizada pela pesquisa.

Tabela 1. Identificação dos reparos realizados durante o período da pesquisa para etapa de pós obra

Empreendimento	Ambiente	Subsistema	Ocorrência / Patologia	Conclusão
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

Onde:

- (1) Refere-se ao empreendimento estudado;
- (2) Ambiente onde foi executado o reparo (Ex.: dormitório, cozinha, etc);
- (3) Subsistema construtivo recomendado por Weidle (1995) (Ex.: Serviços Preliminares, Fundações, Estrutura, Cobertura, Instalações, Vedações, Esquadrias, Revestimentos, Piso e Pavimentações, etc);
- (4) Patologia encontrada (Ex.: infiltração, fissuras, etc);
- (5) Resposta da solicitação, o que foi executado para sanar o problema.

Conforme Geyer & Brandão (2007) a maioria das ocorrências de não conformidades ocorrem nos dois primeiros anos de idade da edificação, com 36.87% e 32.05%, respectivamente. Desta forma, esta pesquisa adotou esta temporalidade para a coleta dos dados.

2.3 Geração de RCD

Com base no levantamento realizado conforme descrito na Tabela 1, analisando as colunas “Sistema”, “Ocorrência” e “Conclusão”; fez-se uma estimativa de possíveis resíduos de construção e demolição gerados na fase pós obra dos empreendimentos estudo de caso. Com isso os resíduos foram classificados conforme a Resolução Nacional do CONAMA 307 (2002). Para a padronização das categorias de RCD gerados, utilizou-se a recomendação elaborada por Pinto (1986): Concreto, Argamassa, Cerâmicas, Revestimentos, Outros, Pedras, Químicos e Gesso. A Tabela 2 apresenta como os dados foram levantados e compilados.

Tabela 2. Estimativa de geração de RCD pós obra a partir das patologias identificadas.

Empreendimento	Subsistema	Ocorrência / Patologia	Conclusão	Categoria do RCD gerado	Classificação do RCD
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)

Onde:

- (1) Refere-se ao empreendimento estudado;
- (2) Subsistema construtivo recomendado por Weidle (1995) (Ex.: Serviços Preliminares, Fundações, Estrutura, Cobertura, Instalações, Vedações, Esquadrias, Revestimentos, Piso e Pavimentações, etc);
- (3) Patologia encontrada (Ex.: infiltração, fissuras, etc);
- (4) Resposta da solicitação, o que foi executado para sanar o problema;
- (5) Tipo de RCD gerado (Ex.: concreto, argamassas, gesso, etc);
- (6) Classificação dos RCD conforme CONAMA 370 (2002).

A incidência de RCD gerados, por classe, foi quantificada a partir do número de ocorrências (itens) identificadas. Fez-se uma avaliação por categoria de resíduo proposta por Pinto (1986) e por subsistema proposto por Weidle (1995).

Resultados e Discussões

Os resultados e discussões são apresentados na sequência deste artigo. Uma análise geral, mostrou:

- *Empreendimento 1*: possui 152 unidades, sendo que 37 estão desocupadas. Assim, para esta pesquisa, considerou-se 115 unidades, ou seja, 76% do total de unidades do empreendimento. Nos dois primeiros anos pós obra, foram concluídas 123 manutenções prediais, gerando uma densidade de solicitações de 1.07;
- *Empreendimento 2*: possui 296 unidades do empreendimento, sendo que 47 não estão habitadas. Assim, considerou-se para este trabalho, uma amostra de 249 unidades, correspondendo, 84% do total de unidades do empreendimento. Com 163 solicitações concluídas no período de dois anos a densidade de solicitações foi de 0.65.

A densidade de solicitações é obtida pela razão entre o total de solicitações e o número de unidades ocupadas na edificação nos últimos dois anos.

3.1 Geração de RCD por categoria

O número de ocorrências/patologias pós obra, com consequente geração de resíduos de construção e demolição, por categoria e para o Empreendimento 1 (Obra de Alto Padrão) está apresentada na Tabela 3. No primeiro ano, até o 10º mês, não foi identificada geração de RCD. Após este período, um dos maiores índices de ocorrências de RCD está relacionado a pequenos reparos como acabamento de pintura e tratamento de microfissuras que geram, na maioria dos casos, resíduos de produtos químicos (perigosos). Destaque para o alto número de ocorrências com geração de materiais classificados como outros, que representam 49% do resíduo produzido. Neste grupo estão os plásticos (PVC, principalmente), utilizado nas das instalações hidráulicas. Na sequência se destacam os materiais do sistema de instalação elétrica.

Tabela 3. Número de ocorrências/patologias identificadas e reparadas que geraram RCD para os dois primeiros anos pós obra (Empreendimento de Alto Padrão).

Categoria de RCD	Número de itens (Ano 1)	Número de itens (Ano 2)	Total de itens
Concreto	1	2	3
Argamassa	3	6	9
Cerâmicas	0	0	0
Revestimentos	7	11	18
Outros	29	39	68
Pedras	0	0	0
Produtos Químicos	13	34	47
Gesso	6	10	16
Total	59	102	161

No ano seguinte, seguindo a tendência do primeiro ano, observou-se a geração de resíduos classificados como outros e produtos químicos. Somados, estes representam 71% do resíduo gerado.

Neste período, o registro de não-conformidades para o Empreendimento 1, se destacou pela quantidade identificada no mês de janeiro. Justifica-se este fato devido ao período de férias e a relação com a localização da edificação (área litorânea). A compilação da composição dos RCD gerados para a fase de pós obra do Empreendimento 1 pode ser observada na Figura 1.

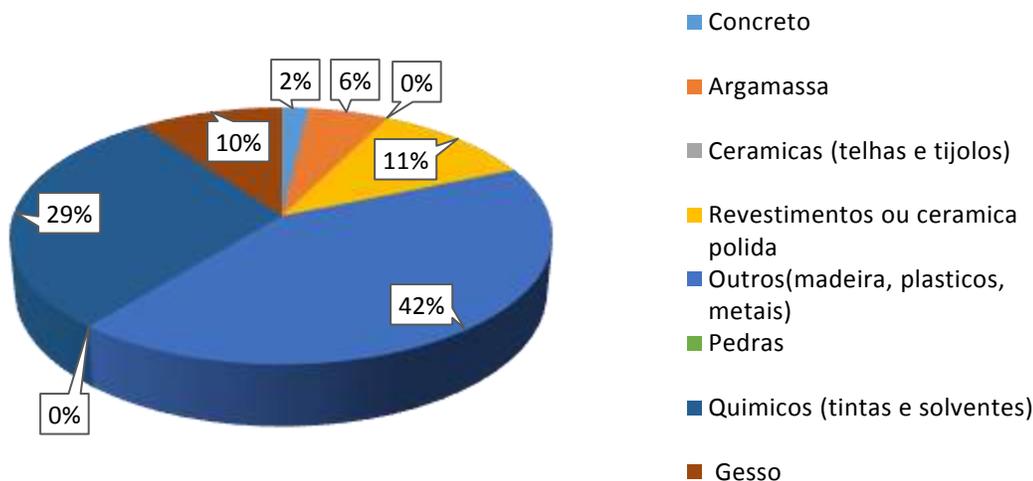


Figura 1. Composição Qualitativa dos RCD para a etapa de pós-obra identificada para o Empreendimento 1 (Alto Padrão).

Uma avaliação dos dados obtidos comparados com a classificação de resíduos prevista na legislação federal nacional Resolução CONAMA 307 (2002), mostra que: 19% podem ser classificados com Classe A (resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados); 52% Classe B (resíduos recicláveis para outras destinações) e 29% são considerados resíduos Classe D (perigosos).

Embora uma composição gravimétrica bastante diferente dos RCD gerados durante uma construção e/ou demolição como aquela apresentada por Bernardes *et al.* (2008), Araújo & Carnaúba (2010), Angulo *et al.* (2011), Mália *et al.* (2011), Tessaro *et al.* (2012), Oliveira *et al.* (2011), Ding & Xiao (2014) e Xiao *et al.* (2012) e Caetano *et al.* (2016); os resíduos pós obra proveniente de correções patológicas nas edificações, também demonstram, conforme esta pesquisa, potencial de serem reciclados. Cerca de 71% dos resíduos são passíveis de reciclagem, corroborando com as argumentações das pesquisas anteriormente citadas.

Cabe a relação de que a diferença entre a composição gravimétrica relatada no parágrafo anterior, pode ser justificada porque as pesquisas de referência dimensionaram a quantidade de resíduo gerada durante todo o período da obra. A pesquisa apresentada neste artigo, por outro lado, aborda ocorrências de resíduos gerados num período pós obra originados de manifestações patológicas na edificação.

Relativo ao Empreendimento 2 (Médio Padrão), seguindo a mesma tendência do Empreendimento 1 (Alto Padrão), percebe-se que nos primeiros meses de vida útil da construção, não há registros de não conformidades. Posterior ao período inicial, percebe-se uma grande geração de resíduos classificados como “outros” (59%).

No segundo ano, a distribuição das não conformidades ocorreu de forma mais homogênea, com registros constantes em todos os meses. Neste empreendimento a maior parte dos resíduos gerados está no grupo dos produtos químicos e gesso. A Tabela 4 mostra os resultados obtidos.

Tabela 4. Número de ocorrências/patologias identificadas e reparadas que geraram RCD para os dois primeiros anos pós obra (Empreendimento de Médio Padrão).

Categoria de RCD	Número de itens (Ano 1)	Número de itens (Ano 2)	Total de itens
Concreto	0	1	1
Argamassa	0	49	49
Cerâmicas	0	0	0
Revestimentos	5	26	31
Outros	16	44	60
Pedras	0	0	0
Produtos Químicos	4	110	114
Gesso	2	82	84
Total	27	312	339

Um item que merece destaque é a geração de resíduos de argamassa. Este componente não é comumente gerado em resíduos pós obra, pois usualmente ocorre por problemas patológicos mais graves como, por exemplo: destacamento do revestimento interno e externo e infiltrações. Neste empreendimento, o indicador elevado deste tipo de resíduo é decorrente do destacamento do revestimento interno em forro argamassado recorrente em diversas unidades habitacionais. Esta patologia ocorreu devido a falhas de execução na retirada do desmoldante de fôrma e em função de materiais de baixa qualidade.

Além disso, como o empreendimento em questão foi executado com paredes internas em “dry-wall”, o número de itens da categoria gesso é significativo, juntamente com produtos químicos. Isto ocorre porque cada correção executada neste material necessita de reparo da pintura. Por fim, da mesma forma que no Empreendimento 1, a categoria “outros” se destaca na quantidade de itens identificados. A Figura 2 demonstra uma compilação dos resultados obtidos para o empreendimento de médio padrão.

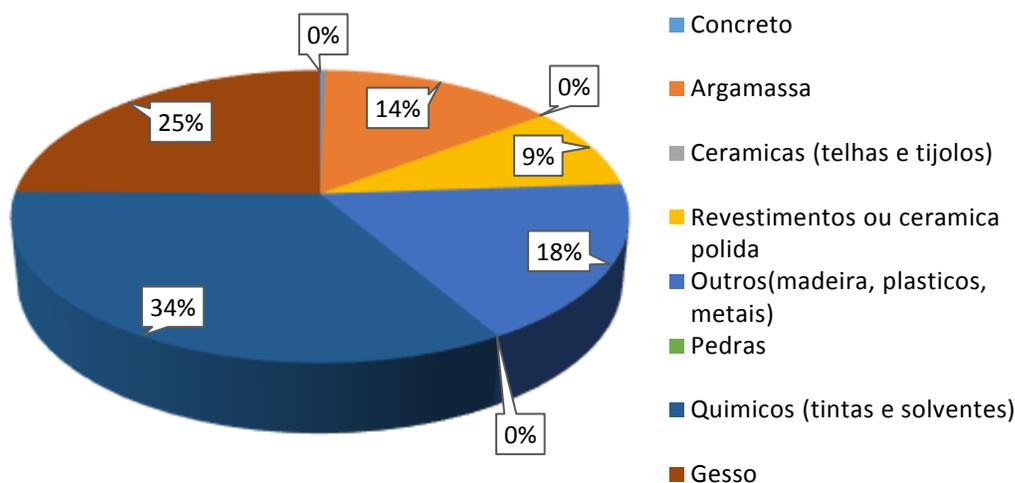


Figura 2. Composição Qualitativa dos RCD para a etapa de pós-obra identificada para o Empreendimento 2 (Médio Padrão).

A comparação com a resolução CONAMA 307 (2002), demonstra que os RCD gerados neste empreendimento podem ser classificados como: Classe A (24%); Classe B (43%) e Classe D (33%). Assim como no empreendimento alto padrão e em pesquisas referenciadas neste artigo, este empreendimento 2 também possui uma grande geração de RCD com potencialidade de ser reciclado. Cerca de 67% do total poderia estar sendo enviado para reaproveitamento.

Embora estes resultados demonstrem uma composição gravimétrica similar entre os empreendimentos de médio e alto padrão, percebe-se elevada diferença na quantidade de manifestações patológicas identificadas e reparadas. Enquanto que para o primeiro foram detectadas 161 ocorrências, para o empreendimento 2 foram atendidas 339 ocorrências com manifestações patológicas na edificação. A relação está no padrão construtivo e na qualidade dos materiais utilizados, os quais elevam a quantidade de não conformidades detectadas no empreendimento de médio padrão.

3.2 Geração de RCD por subsistema construtivo

Os subsistemas Impermeabilização, Instalação Hidráulica, Solidez e Segurança do Construção; se destacaram na análise qualitativa da geração de RCD pós obra. Nestes subsistemas foram obtidos os maiores números de ocorrências patológicas que geraram resíduos sólidos (Tabela 5).

Tabela 5. Número de ocorrências que geraram RCD por subsistema.

Subsistema	Empreendimento 1 (Ocorrências)		Empreendimento 2 (Ocorrências)	
	Número	%	Número	%
Equipamentos industrializados	7	4%	0	0%
Esquadrias	8	5%	15	4%
Fachadas	2	1%	0	0%
Forros	16	10%	6	2%
Impermeabilização	39	24%	78	23%
Instalação - Gás	2	1%	5	1%
Instalação Elétrica	15	9%	18	5%
Instalação Hidráulica	37	23%	36	11%
Pintura e Verniz	3	2%	5	1%
Revestimento de parede, piso e teto	16	10%	38	11%
Solidez Segurança do Edifício	16	10%	138	41%
Total	161	100%	339	100%

No empreendimento 2, as 138 ocorrências (41%) relacionado ao subsistema “Solidez Segurança do Edifício”, refere-se ao destacamento do forro argamassado. Esta eventualidade justifica esta diferença percentual em relação ao empreendimento 1.

Em relação a composição gravimétrica dos RCD, a Figura 3 apresenta, para os três subsistemas mais representativos, uma subdivisão da qualidade dos resíduos gerados pós obra. Nestas etapas, 43% dos resíduos são considerados Classe B, 36% Classe D (perigosos) e 21% Classe A.

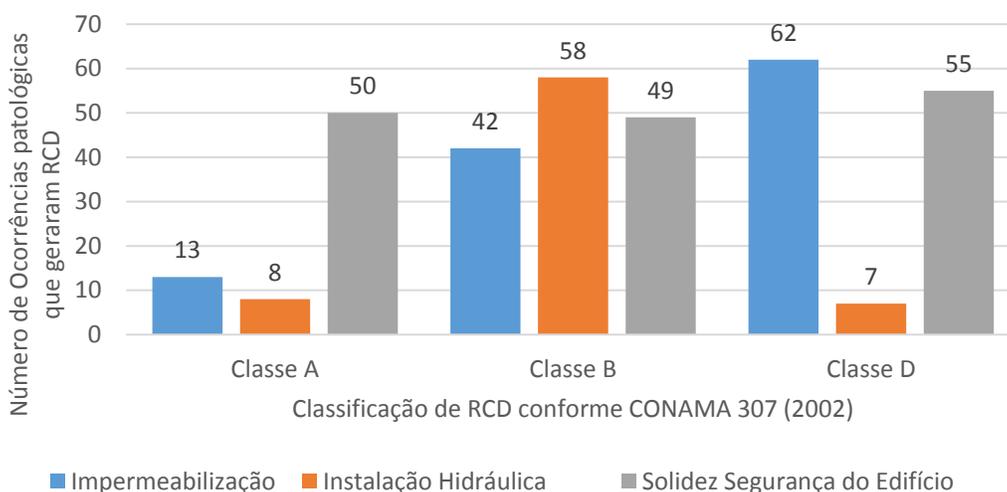


Figura 3. Qualidade dos RCD pós obra considerando os subsistemas Impermeabilização, Instalação Hidráulica, Solidez e Segurança do Edifício.

A quantidade de ocorrências que geraram resíduo Classe B no subsistema “Instalação Hidráulica”, deve-se, principalmente, as embalagens de plástico e papel e resíduos de tubulações de plástico e metal. Já a maior quantidade de ocorrências com resíduo Classe D para o subsistema “Impermeabilização” é justificado pela utilização de produtos químicos, embalagens e materiais contaminados para correção das irregularidades, sendo estes classificados como resíduos sólidos perigosos pela legislação nacional. Além disso, este tipo de manifestação patológica também gerou, em proporções menores, a necessidade de remoção de argamassa, concreto, cerâmica (Classe A) e utilização/substituição de novos insumos para correção das não conformidades com a geração de resíduos de embalagens (Classe B).

Conclusões

A comparação entre a composição gravimétrica de RCD gerados em obras verticais de alto e médio padrão, se mostrou similar em uma análise qualitativa. Em ambos os casos a maior geração de RCD foi de resíduo Classe B (52% e 43%), seguido de Classe D (29% e 33%) e Classe A (19% e 24%).

Outra característica similar nos casos estudados, demonstra que os RCD’s gerados no período pós obra possuem alto potencial de serem reciclados. Cerca de 71% e 67% do total de RCD gerados pelos empreendimentos de alto e médio padrão, respectivamente, poderiam estar sendo enviados para reaproveitamento.

A análise da geração de resíduos por subsistema destaca que grande parte destes resíduos com potencial de reciclagem, estão sendo gerados nos subsistemas: Impermeabilização, Instalação Hidráulica, Solidez e Segurança da Construção.

Estes subsistemas anteriormente citados, também foram identificados como aqueles com o maior número de ocorrências patológicas que geraram RCD no estudo de caso. Porém, além da grande ocorrência de resíduos reciclados já descrita, também percebeu-se uma elevada geração de resíduos Classe D (Perigosos). Cita-se, principalmente, os subsistema Impermeabilização (62 ocorrências) e Solidez e Segurança da Construção (55 ocorrências).

Por fim, embora observado qualitativamente uma similaridade na geração de RCD para os empreendimentos de médio e alto padrão, observa-se que há uma grande diferença na quantidade de manifestações patológicas (ocorrências) identificadas e reparadas. Enquanto que para o primeiro (padrão alto) foram detectadas 161 ocorrências, para o Empreendimento 2 foram atendidas 339 ocorrências (padrão médio).

Destas, 339 ocorrências do Empreendimento 2, 138 (ou seja, 41% do total) foram motivadas pela correção do destacamento do forro argamassado ocorrido no empreendimento (subsistema “Solidez Segurança do Edifício”). O item foi recorrente em diversas unidades habitacionais e representa, para este caso, uma má execução do serviço, falha na retirada do desmoldante da fôrma e utilização de materiais de baixa qualidade. Ou seja, isto pode ser um outro indício para confirmar que o padrão construtivo utilizado pela obra pode influenciar no volume de RCD gerado.

Referências

- ABNT, Associação Brasileira de normas técnicas (2004) *NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação*. Rio de Janeiro.
- ABRELPE, Associação Brasileira das empresas de limpeza pública e resíduos especiais (2014) *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014*. 120 p. Acesso em 05 de julho de 2016, disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>
- Angulo, S.C., Teixeira, C.E., Castro, A.L. de, Nogueira, T.P. (2011) Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **16**(3), 299-306.
- Araújo, N.M.C., Carnaúba, T.M.G.V. (2010) Composição gravimétrica e massa específica dos RCD oriundos de obras de edificações verticais de Maceió, *XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC)*. Canela/RS, Brasil.
- Bernardes, A., Thomé, A., Prietto, P.D.M., Abreu, A.G. (2008) Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS. *Ambiente Construído*, **8**(3), 65-76.
- Brasil, Presidência da República Casa Civil (2010) *Lei Federal nº 12.305 – Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos*, Publicação Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília - DF, 02 de agosto de 2010. Acesso em 05 de julho de 2016, disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>

- Caetano, M.O., Selbach, J.B.O., Gomes, L.P. (2016) Composição gravimétrica dos RCD para a etapa de acabamento em obras residenciais horizontais. *Ambiente Construído*, **16**(2), 51-67.
- Carneiro, F.P. (2005) *Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife*, Dissertação (Mestrado), Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 131p.
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002) *Resolução n° 307 - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil*, Publicação Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília - DF, 05 de julho de 2002. Acesso em 05 de julho de 2016, disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>
- Ding, T., Xiao, J. (2014) Estimation of building-related construction and demolition waste in Shanghai. *Waste Management* **34**, 2327–2334.
- Evangelista, P.P.A., Costa, D.B., Zanta, V.M. (2010) Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. *Ambiente Construído*, **10**(3), 23-40.
- Formoso, C.T., Asce, L.S.M., Cesare, C., Isatto, E.L. (2002) Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention. *J. Constr. Eng. Manage*, **128**(4), 316-325.
- Freitas, C.G.L., Braga, T.O., Bitar, O.Y., Farah, F. (2001) *Habitação e meio ambiente - Abordagem integrada em empreendimentos de interesse social*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, Brazil. 214p.
- Geyer, A.L.B., Brandão, R.M.L. (2007) *Patologia nas edificações, com até cinco aos de idade, executadas no Estado de Goiás*. 122p
- Karpinsk, L.A., Pandolfo, A., Reineher, R., Guimarães, J.C.B., Pandolfo, L.M., Kurek, J. (2009) *Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental*. EdiPUCRS, Porto Alegre, Brazil. 164p.
- Kern, A.P., Dias, M.F., Kulakowski, M.P., Gomes, L.P. (2015) Waste generated in high-rise buildings construction: A quantification model based on statistical multiple regression. *Waste Management*, **39**, 35–44.
- Llatas, C. (2011) A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list. *Waste Management*, **31**, 1261–1276.
- Mália, M., Brito, J., Bravo, M. (2011) Indicadores de resíduos de construção e demolição para construções residenciais novas. *Ambiente Construído*, **11** (3), 117-130.
- Miranda, L.F.R., Angulo, S.C., Careli, E.D. (2009) A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. *Ambiente Construído*, **9**(1), 57-7.
- Marques Neto, J.C., Schalch, V. (2010) Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição: Estudo da Situação no Município de São Carlos-SP, Brasil. *Revista Engenharia Civil da Universidade do Minho*, **36**, 41-50.
- Oliveira, M.E.D., Sales, R.J.M., Oliveira, L.A.S., Cabral, A.E.B. (2011) Diagnóstico da geração e da composição dos RCD de Fortaleza/CE. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **16**(3), 219-224.
- Ortiz, O., Pasqualino, J.C., Castells, F. (2010) Environmental performance of construction waste: Comparing three scenarios from a case study in Catalonia, Spain. *Waste Management*, **30**(4), 646-54.
- Pinto, T.P. (1986) *Utilização de resíduos de construção: estudo do uso em argamassas*. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 148p.
- Sáez, P.V., Merino, M.R., Porras-Amores, C., González, A.S. (2014) Assessing the accumulation of construction waste generation during residential building construction works. *Resources, Conservation and Recycling*, **93**, 67-74.
- Tessaro, A.B., Sá, J.S., Scremin, L.B. (2012) Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. *Ambiente Construído*, **12**(2), 1 21-130.
- Weidle, E.P.S. (1995) *Sistemas construtivos na programação arquitetônica de edifícios de saúde*. Ministério da Saúde. Brasília, Brazil. 42p.
- Xiao, J., Xie, H., Zhang, C. (2012) Investigation on building waste and reclaim in Wenchuan earthquake disaster area. *Resources, Conservation and Recycling*. **61**, 109–117.