

ARes

AMBIENTE & RESÍDUOS

ISSN 2447-7362 Edição 7 - Ano 2 - 2016

Uma parceria  abrelpe

NESTA EDIÇÃO:

- Entrevista: José Eli da Veiga
- Opinião: Abralatas

Interview to José Eli da Veiga
Opinion: Abralatas



**Tecnologia,
equipamentos e
serviços de ponta:**

**as tendências e os desafios
da COLETA DE RESÍDUOS**

**CUTTING-EDGE TECHNOLOGY,
EQUIPMENT AND SERVICES:**

**trends and challenges
for WASTE COLLECTION**

 GRAPPA
MKT EDITORIAL



9 772447 736002 >

Conexão Academia

*Soil Survey: Innovative Methodology in Brazil, adopted by CTR-RIO for
Quality Control of Geomembrane Installations*

QUANTIFICAÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM EDIFICAÇÕES DE GRANDE PORTE

*Cristiane F. Pimenta, engenheira
ambiental, mestranda IFMG*

*Henrique F. Ribeiro, engenheiro
ambiental, Ambiência Soluções
Sustentáveis*

*Iago S. Jardim, graduando em
engenharia ambiental*

*Neimar de Freitas Duarte,
professor IFMG*

O ESPAÇO
DE LIGAÇÃO
ENTRE A PRODUÇÃO
ACADÊMICA
E AS PRÁTICAS DE
MERCADO

RESUMO: O setor da construção civil é considerado responsável pela geração de uma significativa quantidade de resíduos. Portanto, é imprescindível que se conheça o índice de geração, bem como a composição dos resíduos, que, por sua vez, é uma informação gerencial de grande importância, porque, uma vez que determinado, poderá ser utilizado como embasamento na definição de diretrizes voltadas para a minimização da geração e consequentemente minimização do custo da obra. No entanto, a estimativa dos resíduos gerados na construção civil ainda é desafiadora devido à composição variada dos resíduos e às particularidades encontradas em cada obra. O presente trabalho busca apresentar o índice de geração de resíduos e sua composição com base na análise de dados de 12 obras de grande porte, localizadas na região metropolitana de Belo Horizonte (MG) e que tiveram sistema de gerenciamento de resíduos em seus canteiros, garantindo a confiabilidade dos dados analisados. Como resultado encontrado, tem-se o índice médio de 0,215 m³/m² para os métodos construtivos de alvenaria estrutural e concreto armado, sendo que, dos resíduos gerados, 96% são recicláveis, com predominância de entulho (classe A) e madeira (classe B). O estudo se mostra importante visto que os dados podem ser utilizados para o planejamento de obras, possibilitando a economia de recursos financeiros e ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos da construção civil, canteiro de obra, gestão de resíduos, minimização de geração de resíduos.

ABSTRACT: The civil construction sector is considered as responsible for producing a significant amount of waste. Therefore, it is indispensable to have knowledge of the generation rate, as well as the composition of the waste, which in turn is a highly-important management information, as it, when established, can be used to provide a basis to the definition of guidelines to minimize generation, and thereby the construction cost. However, the estimation of waste generated in civil construction is still a challenge, due to the varied composition of the waste, and the specific features of each construction work. This paper aims to present the waste generation rate and its composition, based on the analysis of data from 12 large-size construction works in the metropolitan area of Belo Horizonte (MG). These works had a waste management system installed in their construction sites, which ensured reliability of the analyzed data. As a result, we have the average rate of 0.215 m³/m² for construction methods Structural Masonry and Reinforced Concrete. 96% of the generated waste is recyclables with prevalence of rubble (A-class) and wood (B-class). The study proves its importance because the data can be used for work planning, to allow savings in financial and environmental resources.

KEYWORDS: Civil construction waste, construction site, waste management, waste generation minimization.

INTRODUÇÃO: Um dos maiores desafios da indústria da construção civil é o desenvolvimento de suas atividades de forma a gerar o mínimo de perdas de materiais quanto for possível, durante todas as etapas construtivas, questão que vem sendo discutida no Brasil ao longo dos últimos anos de forma acentuada. Para Formoso et al. (2002) é preocupante o elevado índice de perdas no setor, nos quais são incluídos desperdícios e resíduos e se constitui um agravante no consumo de bens naturais.

Pinto (1999) analisa pesquisas realizadas sobre perdas de materiais na construção e conclui que, em diversas metodologias utilizadas, as informações coletadas apontam uma estimativa de geração de resíduos situando-se no intervalo de 20% a 30% da massa total de materiais utilizados, dependendo do patamar tecnológico do executor, valores considerados altos em relação às indústrias de outros setores da economia.

Além de serem gerados em grande quantidade, os resíduos da construção e demolição (RCD) são volumosos e possuem diferentes tipologias, fato que demanda consideráveis recursos, sobretudo no gerenciamento interno das obras, do transporte externo e, em especial, da destinação, que nos grandes centros torna-se complexa e onerosa.

Baseado na diversidade de fatores que influenciam a geração de resíduos e as peculiaridades de cada obra, a caracterização quantitativa dos resíduos se torna um desafio, mas ainda se mostra essencial para o auxílio no planejamento das construções, uma vez que será *input* para a definição de metas de minimização, bem como para o gerenciamento de resíduos, principalmente na previsão de custos com transporte e destinação, organização do canteiro e alocação de recursos humanos.

Nesse aspecto, há demanda por conhecimento desses dados, uma vez que as publicações disponíveis são desatualizadas, possuem metodologias de difícil replicação, desconsideram os diferentes métodos construtivos e não detalham as tipologias dos resíduos gerados.

Dessa forma, este trabalho apresenta o índice de geração de resíduos da construção civil, por tipologia, para obras de diferentes métodos construtivos. O estudo foi embasado na análise de dados de geração de resíduos em 12 obras de grande porte, localizadas na região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, realizadas por construtoras certificadas pelo PBQP-H e que tiveram sistema de gerenciamento de resíduos em seus canteiros, garantindo o registro dos dados analisados.

REFERENCIAL TEÓRICO

No Brasil, há quase duas décadas, o autor Pinto (1999) evidencia preocupação com os expressivos volumes de resíduos da construção e demolição gerados nas atividades construtivas, principalmente devido aos problemas de saneamento agravados por sua geração. Segundo o autor, pesquisas realizadas sobre perdas de materiais na construção e demolição concluem que, em diversas metodologias utilizadas, as informações coletadas apontam uma estimativa de geração de resíduos situando-se no intervalo de 20% a 30% da massa total de materiais.

Os resíduos da construção e demolição começam a chamar a atenção a partir da comparação entre os seus índices de geração e os demais resíduos. Dias (2013) relata que, mundialmente, os RCD surgem com elevada participação no total de resíduos sólidos, o que também acontece no cenário brasileiro no qual, segundo Pinto (1999), esses resíduos demonstram supremacia na composição dos RSU em cidades de médio e grande porte. De acordo com dados do Manual para Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos, os resíduos da construção civil podem representar de 50% a 70% da massa de resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2012).

Muito se discute sobre as causas do alto índice de geração de resíduos na construção civil, o método de construção artesanal ainda utilizado no Brasil e a falta de planejamento – escolha do método construtivo, superdimensionamento, contratação de mão de obra qualificada – são as mais citadas. Souza (2004) acrescenta que, além das causas já apresentadas, a ineficiência em alguns processos e as dimensões das construções contribuem com a alta geração.

Além de serem gerados em grande quantidade, os RCD possuem excessivo volume, características que, de acordo com Fukurozaki e Seo (2004), agrava o ônus financeiro, principalmente com trans-

porte e destinação, tanto para o poder público, devido ao alto índice de disposições irregulares, quanto para os próprios geradores. Dias (2013) afirma ainda que, devido a estes fatores, a necessidade de gerenciá-los de forma a atender à legislação nacional e reduzir os impactos causados é iminente e é considerado um dos principais desafios do setor.

Apesar do consenso sobre os altos índices de geração dos RCD, dados precisos sobre quantidade e principalmente tipo do material gerado ainda são escassos. Pinto (1999) analisa diversos documentos em busca dessas informações e relata que subsiste uma séria carência de informações sobre as completas características dos resíduos, principalmente dos RCD.

Desse modo, o índice de geração de resíduos da construção civil, por tipologia, apresentado neste trabalho, mostra-se indispensável, sobretudo para o planejamento das construções, sendo informação gerencial de suma importância que pode ser empregada para diferentes finalidades conforme Formoso et al. (1999). Dias (2013) acrescenta que a quantificação do RCD pode ser entendida como primeiro passo para a gestão dos resíduos, pois permite um controle da geração e o estabelecimento de metas para a redução.

Oliveira (2008) afirma que a composição e a quantidade dos resíduos gerados nas atividades de construção civil dependem de diversos fatores, como os sistemas e as técnicas construtivas utilizadas, o que faz com que tenham propriedades bem peculiares. Segundo Dias (2013), essas características dependem também do estágio de desenvolvimento da indústria local.

Principalmente devido a essa diversidade de fatores que influem na geração de resíduos, sua quantificação, em especial quando realizada por tipologia, se torna um desafio. Dias (2013) realizou um minucioso trabalho de entendimento dos dados existentes de estimativa de resíduos gerados pela construção civil e concluiu que inúmeras pesquisas vêm sendo desenvolvidas, apresentando diversos métodos a partir de características específicas.

Alguns dos dados identificados por diversos autores são apresentados na Tabela 1 a seguir:

Autor	País	Ano	Estimativa (m ³ /m ²)
Pinto	Brasil	1999	0,13
Miranda	Brasil	2008	0,10
Maña I Reixach et al.	Espanha	2000	0,12
Ortiz et al.	Espanha	2010	0,17
Kharrufa	Bagdá	2007	0,18
Katz e Baum	Israel	2010	0,20

Fonte: Dias, 2013, adaptado; Miranda, Angulo e Careli, 2008.
Source: Dias, 2013, adapted; Miranda, Angulo and Careli, 2008.

Para facilitar a comparação entre os dados existentes, estes foram apresentados por meio da unidade m³/m², por ser a unidade mais praticada, para tanto foi utilizada a densidade aparente dos RCD de 1,2 t/m³ calculada por Couto Neto (2007) e Tessaro, Sá e Scremin (2012) e adotada por Pinto e González (2005).

De acordo com Esguícero (2010) “os métodos de mensuração e estimativas dos RCD encontrados na literatura apresentam grande disparidade, dificultando a escolha por um método consistente”, o que é reforçado pelos dados apresentados na Tabela 1.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado por meio de atividades de gerenciamento de resíduos, assistidas por empresa especializada – Ambiência Soluções Sustentáveis – realizadas nas obras objetos da pesquisa, que possibilitaram o efetivo registro e o controle dos dados dos resíduos gerados e destinados pelas edificações.

Para o desenvolvimento da pesquisa, optou-se por trabalhar com dados de obras que atendessem aos seguintes requisitos:

- Com sistema de gerenciamento de resíduos do início ao fim das atividades construtivas;
- Concluídas até o momento da elaboração deste estudo;
- Com índice de segregação dos resíduos maior que 80%;
- Realizadas por construtoras certificadas no PBQP-H (Sistema Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat);
- Com finalidade de uso residencial;
- Localizadas na região metropolitana de Belo Horizonte.

Das 60 obras analisadas, 12 se enquadraram no perfil pré-estabelecido por este estudo, sendo todas multifamiliares, verticais e de grande porte, em construção entre os anos de 2011 e 2015. As obras selecionadas foram agrupadas de acordo com o método construtivo utilizado, pois essa característica influi diretamente na composição dos resíduos gerados.

A seguir, na Figura 1, apresenta-se a visão geral das obras analisadas para o presente estudo.

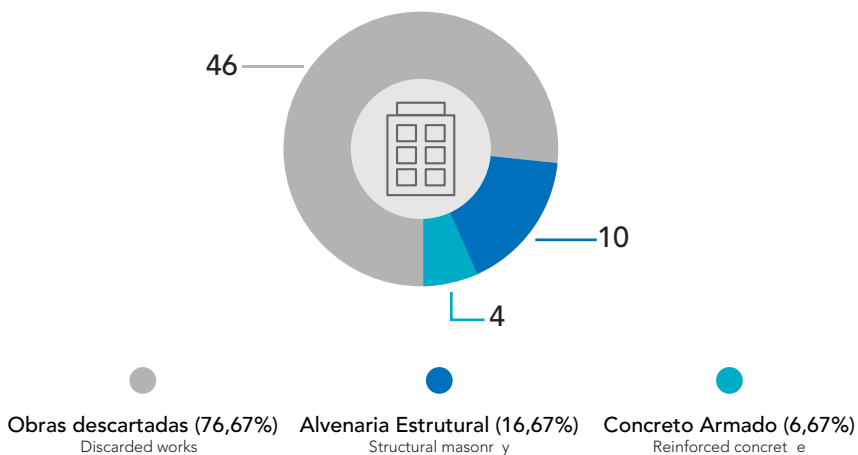


Figura 1 – Visão geral das obras analisadas
Figure 1 – Overview of the analyzed works

A empresa de consultoria especializada no gerenciamento de resíduos desenvolveu suas atividades nas obras analisadas por meio das etapas de planejamento, implantação e acompanhamento, nas quais foram realizadas diversas práticas que garantissem o correto manuseio desses materiais. Dentre as atividades desenvolvidas, algumas influenciam na geração dos resíduos como educação ambiental periódica para todos os funcionários, organização das áreas de armazenamento dos materiais, análise dos transportadores e das áreas receptoras dos resíduos e, principalmente, uso de sistema on-line para o registro e o controle dos resíduos gerados – NETResíduos.

INTRODUCTION

One of the biggest challenges in the civil construction sector is the development of their activities in a way that produce the minimum material losses as possible during all construction stages. This issue has been increasingly discussed in Brazil over the last years. Formoso et al. (2002) considering the high loss rate in the sector a worrying issue. This loss rate includes both waste and wasted materials, and is an additional problem in the consumption of natural resources.

Pinto (1999) has analyzed the research on construction material losses and concluded that, in several methodologies, the collected information gives an estimative of waste generation that is placed in an interval of 20-30% of the total mass of used materials, depending on the technological level of the construction provider. These figures are considered high in relation to the industries of other economy sectors.

Besides being generated in large amounts, Construction and Demolition Wastes – CDW are bulky and have different typologies, which demands a considerable amount of resources, especially with regard to the in-site management of the works, external transport and – especially – disposal, which is a complex and expensive task in big urban centers.

Based on the diversity of factors that influence waste generation, as well as the particular features of each construction work, making a quantitative characterization of the waste becomes a challenge. However, it is essential to help planning the constructions, as this will serve as an input for the definition of minimization goals, and for waste management as well, especially with regard to the cost estimative with transport and disposal, organization of the construction site, and labor allocation.

Considering this, there is a demand for knowledge of these data, as the available publications are outdated, their methodologies are difficult to replicate, and they disregard the different construction methods, and do not provide details of typologies of the different types of generated waste.

Thus, this paper presents the generation rate for civil construction waste, per typology, for works from different construction methods. The study was based on data analyses for waste generation in 12 large-size works, located in the Metropolitan Region of Belo Horizonte, in the State of Minas Gerais, Brazil. The works were carried out by PBQP-H certified construction companies that applied a waste management system in their construction sites, which ensured the analyzed data.

THEORETICAL REFERENCES

For almost two decades in Brazil, Pinto (1999) shows his concern about the significant amounts of construction and demolition waste generated during the works, especially because of sanitation problems that are worsened by this generation. According to the author, research on material losses carried out during construction and demolition activities, concluded that the provided information – in different methodologies – shows an estimative of waste generation in the range of 20-30% of the total material mass.

Construction and Demolition Waste begin stand out by comparing their generation rates and the rates from other kinds of waste. Dias (2013) states that CDW arise with a great share in the total solid waste worldwide, which also happens in the Brazilian scenario. Pinto (1999) points out that this waste is prevalent in the composition of CDW in medium and large cities. According to the National Solid Waste Policy Handbook, civil construction waste might represent 50-70% of the Municipal Solid Waste mass (BRASIL, 2012).

There is much discussion about the causes of the high waste generation rate in civil construction. The artisanal construction method still used in Brazil, and lack of planning – choice of the construction method, oversizing, hiring of skilled labor – are the most cited reasons. Souza (2004) adds other causes to the ones above: inefficiency in some processes, and dimensions

Os dados utilizados neste estudo referentes aos resíduos gerados são oriundos do procedimento denominado registro e controle, que ocorre habitualmente da seguinte forma:

Quando os resíduos armazenados no canteiro atingem quantidade pré-determinada, o funcionário encarregado entra em contato com a empresa transportadora e solicita a coleta e o transporte do material até a destinação.

No momento da coleta dos resíduos, o transportador é responsável pela entrega do CTR - Comprovante de Transporte de Resíduos, documento que identifica o resíduo coletado, bem como os dados da obra, do transportador e da área receptora; o motorista, juntamente com o funcionário responsável na obra, confere os dados apresentados no documento antes da saída dos resíduos da obra.

Após a expedição dos resíduos, o funcionário responsável pelo registro e controle transfere os dados do CTR para a plataforma digital, na qual estes ficam armazenados permanentemente de forma segura e centralizada.

Segundo Pimenta, et al. (2015) o sistema on-line utilizado pelas obras permite

que os lançamentos das saídas de resíduos possam ser visualizados por meio de listas e relatórios qualiquantitativos – que podem ser gerados aplicando diversos filtros de acordo com a demanda – os quais foram utilizados para a elaboração deste estudo, garantindo, assim, confiabilidade e exatidão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em toda a bibliografia estudada notou-se que, apesar de já existirem alguns estudos que quantifiquem os resíduos gerados nas obras, estes apresentam grande disparidade e sua composição não é apresentada.

Na investigação em pauta, foram produzidos indicadores que podem ser utilizados como referência para quantificar e qualificar, de forma simples e consistente, os RCD a serem gerados em novas construções. A adequada estimativa permite, por exemplo, a realização de planejamentos financeiros assertivos, bem como contribuir para a adequada organização do canteiro de obras e fluxo de materiais e resíduos, aspectos que contribuirão, positivamente, para o desempenho da obra.

Salienta-se que para o adequado gerenciamento de resíduo, deve-se levar em consideração o processo construtivo como um todo, em todas as etapas, devidamente integralizadas, reduzindo o nível de perdas de materiais. Entre os fatores que influenciam a geração de resíduos, destacam-se:

- Escolha do método construtivo;
- Qualificação da mão de obra;
- Qualidade dos materiais a serem utilizados;
- Forma de armazenamento e transporte de materiais.

Dentre esses fatores, como já citado, o comparativo entre a geração de resíduos em diferentes métodos construtivos é um dos objetivos deste estudo.

A seguir, a Tabela 2 apresenta os empreendimentos avaliados, bem como a geração de resíduos em cada um deles e a média por método construtivo. As obras que utilizaram o método construtivo alvenaria estrutural foram denominadas de AE-1 a AE-8, e as obras que utilizaram o método construtivo concreto armado foram denominadas de CA-1 a CA-4.

MÉTODO CONSTRUTIVO	OBRA	ÁREA CONSTRUÍDA (M ²)	ÍNDICE DE SEGREGAÇÃO (%)	RESÍDUOS GERADOS (M ³)	ÍNDICE DE GERAÇÃO (M ³ /M ²)	MÉDIA/MÉT. CONSTRUTIVO (M ³ /M ²)
Alvenaria Estrutural	AE-1	7.260,64	93%	1.201,40	0,165	0,205
	AE-2	19.353,04	97%	3.313,00	0,171	
	AE-3	9.903,65	85%	1.839,00	0,186	
	AE-4	13.632,84	97%	2.709,00	0,199	
	AE-5	19.399,93	83%	4.077,00	0,210	
	AE-6	22.272,00	100%	4.994,00	0,224	
	AE-7	6.078,99	99%	1.445,00	0,238	
	AE-8	11.813,65	95%	2.934,00	0,248	
Concreto Armado	CA-1	19.142,44	84%	3.750,00	0,196	0,225
	CA-2	19.841,59	81%	4.422,00	0,223	
	CA-3	49.947,33	89%	11.935,90	0,239	
	CA-4	7.093,68	81%	1.730,00	0,244	

Tabela 2- Empreendimentos em estudo e geração de resíduos \ Table 2- Enterprises studied and waste generation

Pode-se verificar, na tabela acima, que oito obras foram construídas por meio do método construtivo alvenaria estrutural (AE) e quatro obras foram realizadas em concreto armado (CA). Quanto às áreas construídas, o maior empreendimento (CA-3) totalizou 49.947,33 metros quadrados e o menor (AE-7) totalizou 6.078,99 metros quadrados, sendo que a média geral é de 17.144,98 metros quadrados. Segundo Ribeiro (2012), o índice de segregação (IS) representa a parcela de resíduos segregados adequadamente por tipo. Quanto às obras em estudo, o menor IS foi de 81% (CA-2) e o maior foi de 100% (AE -6). Sendo a média geral de 90%, estes valores demonstram a alta eficiência do gerenciamento de resíduos implantado nos empreendimentos em questão.

Ainda analisando a Tabela 2, pode-se verificar a geração total de resíduos por empreendimento, porém, devido à variação entre as áreas construídas, a título de comparação, estes devem ser analisados pelo índice de geração (IG), o qual é resultado da razão entre total de resíduos gerados e área construída.

Deve-se reforçar que, do total de resíduos gerados nas obras apresentado na Tabela 2, não foi considerado o material caracterizado como solo, uma vez que esse material está relacionado ao nivelamento do terreno no qual foi implantado o empreendimento e não propriamente da atividade de construção, e ainda aquele usualmente é reutilizado como matéria-prima para o aterramento de outras áreas, não sendo caracterizado como resíduo.

Em se tratando do índice de geração, a obra com menor valor apresentou IG de 0,165 m³/m² (AE-1), e aquela com maior IG foi de 0,248 m³/m² (AE-8), ambas construídas em alvenaria estrutural, o que representa uma variação de 50%, reforçando que não só o método construtivo influencia na geração de resíduos, como citado no capítulo Referencial Teórico. Além disso, para o método construtivo concreto armado, o índice de geração teve uma variação de 0,196 a 0,244.

Conforme apresentado na tabela acima, a média de geração de resíduos é de 0,205 m³/m² em obras construídas em alvenaria estrutural e de 0,225 m³/m² para obras em concreto armado, sendo a média geral de 0,215 m³/m². Dessa forma, com base nos dados apresentados, pode-se afirmar que a geração de resíduos nas obras em concreto armado é 10% maior do que nas obras em alvenaria estrutural.

Considerando um empreendimento hipotético, com área construída de 13 mil metros quadrados, e os índices médios de geração de resíduos apresentados na Tabela 2, a escolha do método construtivo alvenaria estrutural em detrimento ao método concreto armado poderia acarretar na redução da geração de resíduos em 267 metros cúbicos, volume equivalente à 54 caçambas (5 metros cúbicos cada). Essa menor geração representaria uma economia de mais de R\$ 100 mil somente considerando o valor do material perdido e o custo de transporte e de destinação do resíduo.

Se comparado o índice de geração de resíduos encontrado pelo presente trabalho com os índices apresentados na Tabela 1 pelos autores nacionais – Pinto (1999) e Miranda (2008) –, pode-se observar grande divergência. Desse modo, para a utilização do índice de geração para o planejamento de obras, sugere-se a análise de cada um dos estudos, de forma a utilizar o que melhor se enquadra com as especificidades do empreendimento em questão.

Além do quantitativo gerado nas obras, é de suma importância o conhecimento da tipologia de resíduos gerados, fator esse que também sofre influência direta de acordo com o método construtivo, uma vez que cada um deles apresenta características construtivas específicas, alterando o uso de materiais utilizados e, conseqüentemente, a geração de resíduos.

of the constructions, which also contribute to the high generation rate.

Besides the high generation rate, CDW have excessive volumes. Such features, according to Fukurozaki and Seo (2004), worsen the financial burden – especially with transport and disposal – for the public authorities, due to the high rate of irregular disposals, and for the generators themselves. Dias (2013) also says that, due to these factors, one of the main challenges of the sector is the imminent need to manage these features in order to meet the national legislation and reduce the resulting impacts.

Despite the consensus about the high CDW generation rates, accurate data for quantity and – especially – type of generated material are still scarce. Pinto (1999) looks at many documents to find this information, and states that there is a serious lack of information about the whole features of waste, especially CDW.

This is why the civil construction waste generation rate per typology shown herein turns out to be indispensable, especially for planning the constructions, being this information extremely important for its use in different ends according to Formoso et al. (1999). Dias (2013) adds that quantification of the CDW can be understood as a first step for waste management, as it allows controlling the generation and setting up reduction goals.

Oliveira (2008) says that the composition and quantity of the waste generated from civil construction activities depend on several factors, such as used systems and construction techniques, which give them very peculiar features according to Dias (2013). These features also depend on the development stage of the local industry.

Especially because of this diversity of factors that influence waste generation, its quantification becomes a challenge, mainly when made per typology. Dias (2013) made a thorough work for understanding of the existing data on the estimative of waste generated by civil construction. He concluded that various surveys have been developed and presented different methods from specific characteristics.

Some data identified by several authors are shown by Table 1.

To facilitate the comparison between the existing data, these data were presented through unit m³/m² because this is the most practiced unit. For that, it was used the CDW apparent density of 1,2 t/m³ calculated by Couto Neto (2007) and Tessaro, Sá and Scremin (2012), and adopted by Pinto and González (2005).

According to Esguicero (2010), “measuring methods and estimates of CDW found in the literature show a big disparity, making it difficult to choose a consistent method”, which is corroborated by Table 1 data.

METHODOLOGY

This paper was developed through waste management activities assisted by a specialized company – *Ambiência Soluções Sustentáveis* – that were carried out on the construction sites object of the survey. This allowed ensuring an effective registration and control of data about the waste generated and disposed of by the constructions.

In order to develop the survey, one chose to work with works' data that met the following requests:

- With a waste management system from the start to the end of the construction activities;
- Concluded until the time of this study;
- With a waste segregation rate lower than 80%;
- Carried out by construction companies certified under PBQP-H (Brazilian System for Quality and Productivity of the Habitat);
- With the purpose of residential use;
- Located in the metropolitan area of Belo Horizonte.

From the 60 construction works analyzed, 12 complied with the pre-established profile in this study. All of them are multi-family, vertical, large-size buildings in

A Tabela 3 apresenta a caracterização gravimétrica, em volume, de cada resíduo gerado nas obras em estudo, por método construtivo, separados de acordo com a classificação dos resíduos apresentada pela resolução Conama 307/02.

CLASSE	RESÍDUO	ALVENARIA ESTRUTURADA	CONCRETO ARMADO
Classe A	Entulho	63,77%	53,18%
Classe B	Papel	2,58%	2,38%
	Plástico	3,28%	1,79%
	Isopor	1,25%	0,00%
	Metal	1,91%	2,96%
	Madeira	19,31%	34,35%
	Gesso	4,25%	1,78%
Classe C	Rejeito - Sacaria	2,91%	2,73%
	Rejeito - Outro	0,72%	0,83%
Classe D	Perigoso	0,02%	0,00%
	Total	100,00%	100,00%

Tabela 3 - Caracterização gravimétrica dos resíduos gerados – por tipo / Table 3 – Gravimetric characterization of generated waste – per type

Para melhorar a análise, os resíduos destinados sem segregação (mix de resíduos), que representaram 6,33% nas obras em alvenaria estrutural e 16,48% nas obras em concreto armado, foram distribuídos nas demais tipologias, de acordo com a representatividade de cada um.

O resíduo com maior geração, em ambos os processos construtivos, foi o entulho – classe A, o qual, segundo a resolução Conama 307/02, são aqueles provenientes de materiais cerâmicos e cimentícios, representando 63,77% nas obras em alvenaria estrutural e 53,18% nas obras em concreto armado.

Também muito significativo, o resíduo de madeira representa 34,35% nas obras de concreto armado e 19,31% nas obras em alvenaria estrutural. A maior geração desse resíduo nas obras em concreto armado já era esperada, uma vez que esse método construtivo ainda é altamente demandante de madeira para montagem das formas das peças estruturais.

Quanto aos demais resíduos gerados, esses totalizaram 16,92% nas obras em alvenaria estrutural e 12,46% nas obras em concreto armado, não havendo grandes variações entre os índices de geração de cada um deles e os métodos construtivos.

A análise dos tipos de resíduos gerados por método construtivo demonstra a supremacia dos resíduos entulho – classe A e madeira, ambos recicláveis, o que remete à importância da priorização no adequado gerenciamento desses resíduos.

construction during the period 2011-2015. The selected works were grouped as per the construction method that was used, as this feature has direct influence over the composition of the generated waste.

Figure 1 shows the overview of the works analyzed for this study.

The advisory firm with specialization in waste management developed its activities in the analyzed works through planning, implementation and follow-up stages. These stages included several practices that could ensure proper handling of these materials. From the developed activities, some had influence on the waste generation, such as: periodical environmental education for all employees, arrangement of areas to store the materials, analysis of transportation firms and waste reception areas, and – primarily – the use of an online system to register and control the generated waste, known as NETResíduos.

Data used in this study on the generated waste came from a procedure known as “Logging and Control”, which typically occurs as follows:

When waste stored on site reaches a certain amount, the employee in charge contacts the transportation firm and requests the collection of the material to be transported for disposal.

At the moment of collection, the transporter must deliver the Waste Transport Receipt – CTR. This document identifies the collected waste and data about the work, transporter and disposal area. The driver, along with the employee in charge of the works, checks the data in the document before the waste leaves the construction site.

After the waste leaves the work site, the employee in charge of logging and control will transfer the CTR data to a digital platform, where they will be permanently stored in a safe, centralized way.

Pimenta, et al. (2015) say that the online system used in the works allows the waste exits to be viewed through lists and quality/quantity reports – which can be produced by applying several filters as per the demand. These lists and reports were used to produce this study, in order to ensure its reliability and accuracy.

RESULTS AND DISCUSSION

The entire bibliography in this study showed that, in spite of the occurrence of some studies that already quantified the waste generated at construction works, these studies have broad disparity, and their composition is not presented.

The present investigation produced some indicators that can be used as a reference to quantify/qualify the CDW to be generated in future constructions under a simple, consistent way. Proper estimative allows, for example, making assertive financial planning and contributing for proper arrangement of the construction site and material and waste streams. These aspects will have a positive contribution to the work's performance.

Let us emphasize that proper waste management should consider the construction process as a whole, in all its stages and properly paid-in, to reduce the level of material losses. Some factors that impact waste generation include:

- Choice of the construction method;
- Qualification of labor;
- Quality of materials to be used;
- Means of storage and transport for the materials.

Among these factors, we already cited that the comparison between the different construction methods is one of the goals in this study.

Table 2 shows the evaluated construction enterprises, as well as waste generation from each construction, and the average per construction method. The works that used construction method Structural Masonry were named AE-1 to AE-8, while works that used Reinforced Concrete were named CA-1 to CA-4.

By checking the table above, one can see that eight construction works used method Structural Masonry (AE), and four works used Reinforced Concrete (CA). For constructed areas, the largest enterprise (CA-3) to-

A seguir, a Figura 2 agrupa os resíduos gerados nas obras em estudo por classe, como definido pela resolução Conama 307/02, e possibilita melhor visualização da distribuição destes.

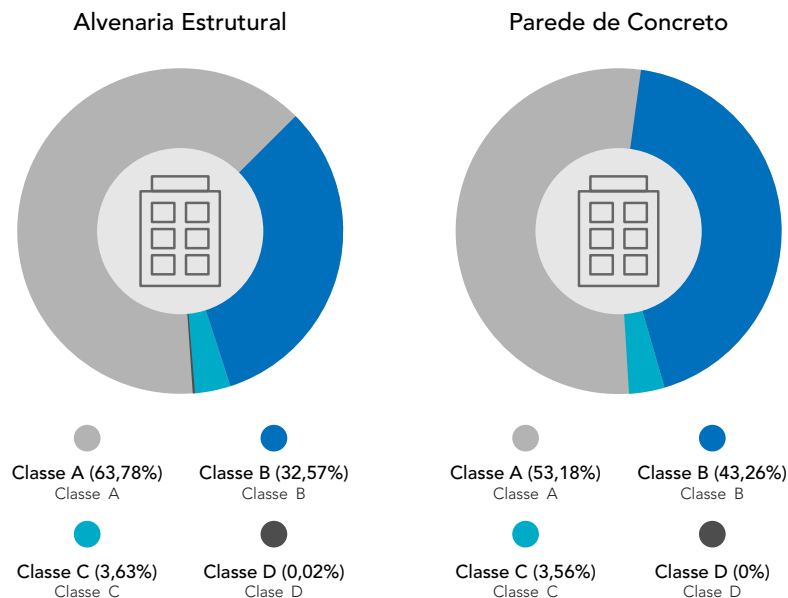


Figura 2 - Caracterização gravimétrica dos resíduos gerados – Por classe / Figure 2 – Gravimetric characterization of generated waste – per class
 Legenda: Classe A – Recicláveis como agregado e solo; Classe B – Recicláveis; Classe C – Rejeitos; Classe D - Perigosos

Verifica-se que, dos resíduos gerados, 96,34% são recicláveis (classes A e B) nas obras de alvenaria estrutural e 96,44% nas obras de concreto armado, o que demonstra o alto potencial de reciclagem desses materiais, que ainda são muito pouco explorados pelas obras no Brasil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise de uma amostra, 12 obras residenciais verticais, sendo oito construídas por meio de alvenaria estrutural e quatro por meio de concreto armado, o índice de geração de resíduos é de 0,205 m³/m² para o primeiro método e 0,225 m³/m² para o segundo método, sendo a média geral de 0,215 m³/m².

Os resultados da composição dos resíduos mostram que, em ambos os métodos construtivos, 96% dos resíduos gerados são recicláveis, com predominância de entulho (classe A) e madeira (classe B), demonstrando o potencial de reciclagem dos resíduos gerados na construção civil.

Constatou-se que as obras que adotaram o concreto armado como método construtivo geraram 10% a mais resíduos do que as obras de alvenaria estrutural, sendo 10% a mais de entulho e 15% a mais de madeira.

Para os próximos estudos, sugere-se aplicar a mesma metodologia em uma amostra ampliada, com inclusão de obras com métodos construtivos além dos abordados neste estudo.

taled 49,947.33 m², and the smallest one (AE-7) was 6,078.99 m², with the overall average 17,144.98 m². According to Ribeiro (2012), the Segregation Rate (IS) represents the amount of properly-segregated waste per type. For the studied works, the lowest IS was 81% (CA-2) and the highest one was 100% (AE -6), with the overall average 90%. These figures prove the high efficiency of waste management carried out in the studied enterprises.

Still checking Table 2, we can see the total generation of waste per enterprise. However, due to the variation among the constructed areas, for comparison, this data should be analyzed through the generation rate (IG), which results from the ratio between the total generated waste and the constructed area.

Let us emphasize that the total waste generated at the works as per Table 2 did not consider the material characterized as soil, as this material is related to leveling the land where the enterprise has been implemented, and not exactly to the construction activity. Also, soil is typically reused as a feedstock for land reclamation in other areas. Thus, it cannot be considered as waste.

Regarding the generation rate, the least valued work had an IG of 0.165 m³/m² (AE-1), and the most valued had an IG of 0.248 m³/m² (AE-8). Both were constructed with Structural Masonry, which represents a 50-percent variation. Let us remark that not only the construction method has its impact on waste generation, as said in the Theoretical Reference chapter. Besides, construction method Reinforced Concrete had a variation from 0.196 to 0.244 in the generation rate.

As shown in the table above, the waste generation average is 0.205 m³/m² in Structural Masonry works, and 0.225 m³/m² for Reinforced Concrete. The general average is 0.215 m³/m². Thus, based on the presented data, one can say that waste generation in Reinforced Concrete works is 10% higher than in Structural Masonry works.

Let us consider an hypothetical enterprise, with 13,000 m² in constructed area and the average generation rates as shown by Table 2: choosing construction method Structural Masonry instead of Reinforced Concrete could result in less 267 m³ of waste generation, which is equivalent to 54 dumpsters of 5m³ each. This reduced generation would represent more than BRL 100,000.00 in savings, if we consider only the value of the material that is lost, and the cost with its transport and disposal.

If we compare the waste generation rate for this study with the rates shown in Table 1 by Brazilian Authors Pinto (1999) and Miranda (2008), we can observe a big divergence. Thus, in order to use the generation rate for construction work planning, we suggest analyzing each of the studies with the aim of using the one that best fits to the particularities of the enterprise under scrutiny.

Along with the quantitative analysis from the works, it is also critically important to have knowledge of the typology for generated waste. This is another factor that suffers a direct influence according to the construction method, as each method has specific construction features that change the use of materials and, consequently, waste generation.

Table 3 shows the gravimetric characterization in volume for each type of waste generated at the studied construction works, per construction method, and separated according to the waste classification shown by Conama Resolution # 307/02.

To improve the analysis, waste disposed without segregation (waste mix) – which represented 6.33% in Structural Masonry and 16.48% in Reinforced Concrete works – were distributed onto the other typologies as per each one's representativeness.

The most generated waste in both construction processes was Rubble - A-Class that, under Conama Resolution # 307/02 is the waste coming from ceramic and cement materials, which represented 63.77% for Structural Masonry and 53.18% for Reinforced Concrete.

REFERÊNCIAS / REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Dispõe sobre a gestão dos resíduos da construção civil e dá outras providências. Brasília, 2002.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação: apoiando a implementação da política nacional de resíduos sólidos: do nacional ao local. Brasília: MMA, 2012. 157 p.
- Dias, Michele Ferreira. Modelo para estimar a geração de resíduos na produção de obras residenciais verticais. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, São Leopoldo, RS, 2013. Porto Alegre, 2013.
- ESGUÍCERO, Fábio José. Análise econômica e ambiental na implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição: estudo de caso no município de Lençóis Paulista. 2010. 128 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, 2010.
- FORMOSO, C.T; ISATTO, E. L; HIROTA, E. H. Method for waste control in the building industry", Proceedings... IGLC-7, 7th Conference of the International Group for Lean Construction, Berkeley, CA. 1999.
- FORMOSO, C.T. et al. Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention. Journal of construction engineering and management. July/August, 2002.
- FUKUROZAKI, S. H. ; SEO, E. S. M. . Desafios para a Destinação de Resíduos da Construção Civil: a implantação das áreas de transbordo e triagem no município de São Paulo. Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável & NISAM 2004. Florianópolis, 2004.
- MIRANDA, Leonardo Fagundes Roesback; ANGULO, Sérgio Cirelli; CARELLI, Élcio Duduchi. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, jan./mar. 2009.
- NETO, Alair Gonçalves Couto. Construção Civil Sustentável: Avaliação da Aplicação do Modelo de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do Sinduscon-MG em um Canteiro de Obras - Um Estudo de Caso. 2007. 88 p.. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Pós-Graduação Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.
- OLIVEIRA, Daniele Meneghetti. 2008. Desenvolvimento de ferramenta para apoio à gestão de resíduos de construção e demolição com uso de geoprocessamento: caso Bauru - SP. 2008. 119p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, 2008.
- PIMENTA, Cristiane et al. Ferramenta Computacional para Gestão de Resíduo da Construção Civil. Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo. IV SIRS - Simpósio Sobre Resíduos Sólidos, p. 321-326. São Carlos, SP, 2015.
- PINTO, T.P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999. 190 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.
- PINTO, T.P.; GONZÁLEZ, J.L.R. Manejo e gestão de resíduos da construção civil. Volume 1 - Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Brasília: CALXA, 2005.
- RIBEIRO, Henrique Ferreira et al. Gestão de Resíduos da Construção Civil: Estudo de caso de Empreendimento Predial em Belo Horizonte/MG. Revista Conexão Academia: Revista Científica sobre Resíduos Sólidos, São Paulo, v. 3, n. , p.51-59, dez. 12. Semestral.
- SOUZA, Ubiraci et al. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. Porto Alegre. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 33-4, out./dez. 2004.
- TESSARO, Alessandra Buss; DE SÁ, Jocelito Saccol; SCREMIN, Lucas Bastianello. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 121-130, abr./jun. 2012.

Another very significant waste was Wood, representing 34.35% for Reinforced Concrete and 19.31% for Structural Masonry. We already expected a higher generation of wood waste for Reinforced Concrete, as this construction method still depends largely on wood to assemble the forms for structural parts.

As for the other generated types of waste, they were 16.92% in Structural Masonry works, and 12.46% in Reinforced Concrete works. There were no greater variations between the generation rates of each type and the construction methods.

The analysis of the generated waste types per construction method shows the prevalence of Rubble - A-Class and Wood. Both materials are recyclables, which demonstrates the importance of giving priority to proper management of these wastes.

Figure 2 below lists generated wastes from the studied works per class, as set forth by Conama Resolution # 307/02, and provides a better view of their distribution.

FIGURA2

One can see that, from the generated waste, 96.34% is recyclables (A and B-Class) for Structural Masonry and 96.44% for Reinforced Concrete. This demonstrates the high recycling potential of these materials that, however, is still little explored by construction works in Brazil.

FINAL CONSIDERATIONS

The analysis of a sample of 12 vertical residential buildings, being 8 constructed from Structural Masonry and 4 from Reinforced Concrete, shows a waste generation rate of 0.205 m³/m² for the first construction method, and 0.225 m³/m² for the second one. The overall average is 0.215 m³/m².

Results of the waste composition show that both construction methods have a 96-percent rate of recyclable waste, with the prevalence of rubble (A-Class) and wood (B-Class), which states a high recycling potential for civil construction waste.

The analysis concluded that Reinforced Concrete construction works produced 10% more waste than Structural Masonry works, with 10% less rubble and 15% more wood.

For the next studies, we suggest the application of the same methodology in a wider sample, with the inclusion of construction works with other construction methods than the ones approached in this study.