

Metodologia de quantificação e análise da geração de resíduos provenientes da construção civil em residências unifamiliares na cidade de Joaçaba – SC

Amanda Zilio Caron¹

Scheila Lockstein²

Resumo

Apesar dos benefícios do desenvolvimento da indústria da construção civil esse setor causa impactos ambientais negativos, devido a geração de resíduo da construção civil (RCC). Em 2002 foi publicada a Resolução nº 307 do CONAMA, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Por isso, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia de quantificação a fim de obter uma taxa de geração de RCC em construções unifamiliares na cidade de Joaçaba-SC, além de realizar uma análise dos fatores que interferem nessa geração. A metodologia adotada consistiu na realização de visitas periódicas aos canteiros de obra onde os resíduos gerados em cada serviço foram quantificados por amostragem e posteriormente extrapolados para a quantidade total de cada serviço e relacionados com a área construída. O resultado obtido para a taxa de geração de RCC foi de 43,24 kg/m², onde verificou-se que a realização de cursos para a capacitação dos profissionais, a elaboração de projetos padronizados, uso de novas tecnologias e o respeito às metodologias executivas abordadas em bibliografias, podem reduzir significativamente a geração desses resíduos.

Palavras-chaves: Resíduos da construção. Quantificação. Gestão.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil tem sido considerada uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento da sociedade, contudo é um setor que causa impactos ambientais uma vez que, utiliza recursos naturais, modifica o meio ambiente e gera um grande volume de resíduos que, se depositados em local inadequado contribuem com a degradação da qualidade ambiental.

A partir da publicação da Resolução nº 307 do CONAMA (BRASIL, 2002), que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e da Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010) que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, muitos municípios motivaram-se a implantar planos de gerenciamento buscando reduzir os impactos causados ao meio ambiente, visto que grande parte desses materiais recebem destinação inadequada.

¹ Graduanda em Engenharia Civil na Universidade do Oeste de Santa Catarina; amanda_zilio@hotmail.com

² Professora na Universidade do Oeste de Santa Catarina; scheila.lockstein@unoesc.edu.br

Além disso, a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010) estabelece prioridades para o gerenciamento dos resíduos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, sendo esta última de responsabilidade dos geradores de resíduos.

Por isso, para que se possa implantar medidas adequadas à gestão desses resíduos, é necessária a realização de um diagnóstico que busque quantificar e identificar os fatores que interferem nessa geração.

De acordo com Oliveira (2008), os resíduos da construção possuem características peculiares devido ao fato de os processos executivos não serem padronizados, podendo variar em função do local da sua geração e da tecnologia aplicada na construção, o estágio da obra que o originou, das variantes quanto aos materiais utilizados durante a obra, a qualidade do projeto e a mão de obra utilizada. Estes fatores interferem diretamente na quantidade de resíduos gerados no Brasil.

Além disso, as pesquisas publicadas sobre metodologias de quantificação de resíduos mostram que não há uma metodologia unificada para todo o país e sim cada região é peculiar, necessitando de um estudo local. Por esse motivo, observa-se que as taxas de geração de Resíduos da Construção Civil (RCC) conhecidas são muito variadas.

Para Marques Neto e Schalch (2010) por exemplo, a metodologia foi realizada com base na razão entre o somatório das áreas acompanhadas e o volume de resíduos contabilizado através de caçambas. Para esses resíduos, os autores fixaram uma densidade de $0,60 \text{ ton/m}^3$, obtendo um peso total de resíduos. Com esses dados, a taxa de resíduos se deu através da razão entre o total de resíduos de todas as obras pelo somatório das áreas, obtendo assim um valor de $137,02 \text{ kg/m}^2$.

Deste modo, a densidade de cada material que constitui os resíduos da construção não são respeitadas, o que torna os dados obtidos pouco confiáveis para serem aplicados na região de estudo em questão.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo desenvolver uma metodologia para quantificar os resíduos e obter uma taxa de geração de RCC em construções unifamiliares na cidade de Joaçaba-SC, levando em consideração a densidade específica dos materiais analisados e realizar uma análise sobre os fatores que mais interferem nessa geração, levantando dados que possam servir de apoio à criação de programas municipais visando uma gestão integrada, diferenciada e sustentável deste tipo de resíduo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL - RCC

Entre os resíduos gerados no meio urbano estão os chamados RCC que, de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA (BRASIL, 2002), são os oriundos de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção, bem como os resultantes da preparação e

da escavação de terrenos, tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Atualmente, a disposição final desses resíduos ainda é uma questão preocupante. Segundo relatório da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2016), a situação não é positiva, infelizmente. O Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil mostra que 3.331 municípios brasileiros destinam seus resíduos para locais impróprios. Isso equivale a 59,8% dos municípios.

Diante destes fatos, o setor da construção tem a obrigação de reduzir a geração de resíduos e destiná-los de forma ambientalmente correta. Essas medidas beneficiam no aumento de competitividade por meio da redução de custos e impacta na segurança e saúde do trabalhador (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2018).

2.2 LEGISLAÇÃO E NORMAS NO BRASIL

No Brasil, uma das legislações referente aos resíduos de construção civil é a Resolução do Conama nº 307, de 5 de julho de 2002 (BRASIL, 2002), que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão destes resíduos.

Para efeito dessa resolução, os resíduos devem ser classificados da seguinte forma:

- a) Classe A – são os resíduos que podem ser reutilizados ou reciclados como agregados.
- b) Classe B – classificam-se dessa forma os resíduos recicláveis para outras destinações (BRASIL, 2015).
- c) Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis para possibilitar a sua reciclagem ou recuperação (BRASIL, 2011).
- d) Classe D – são os resíduos perigosos provenientes do processo de construção (BRASIL, 2004).

No que diz respeito à gestão dos resíduos sólidos, a Lei 12.305 (BRASIL, 2010) atribuiu aos municípios a obrigação de desenvolver o chamado Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) com o objetivo de diagnosticar a situação dos resíduos no município, contendo a origem, o volume, a classificação dos resíduos e as formas de destinação e disposição final, além de ações preventivas e corretivas que visem a redução dos níveis de resíduos gerados na construção civil.

Dessa forma, é de grande importância que esses materiais passem por um processo de classificação para definir corretamente a destinação final, seja ele o processo de reutilização,

reciclagem ou descarte, conforme recomenda a Resolução nº 307 do CONAMA (BRASIL, 2002).

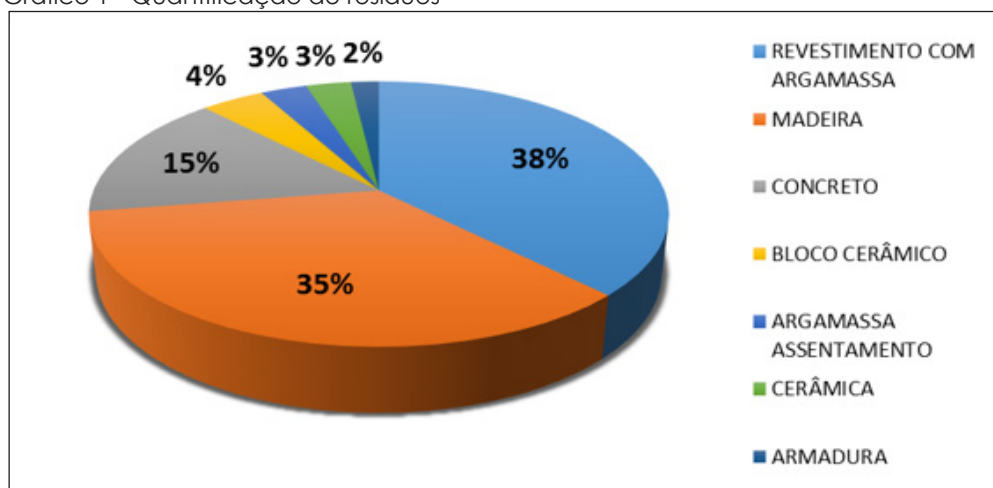
2.3 GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Na construção civil toda e qualquer atividade neste setor é geradora de resíduos, o que leva a altos índices de entulhos provenientes das perdas durante o processo executivo da obra. Este diagnóstico é um parâmetro que caracteriza a construção civil como um dos setores que mais degrada o meio ambiente (NOTARO; SILVA, 2015).

Os RCC gerados no Brasil são formados predominantemente de materiais inorgânicos não metálicos, composto basicamente de concreto e argamassa, rochas naturais e material cerâmico (ÂNGULO; JOHN, 2006).

Segundo Careli (2014), as obras residenciais que utilizam processos construtivos convencionais, ou seja, estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação geram cerca de 0,10 a 0,15 m³ de RCC/m² de área construída. Em relação a este aspecto, Careli (2014) afirma que entre os serviços que mais contribuem com essa porcentagem se referem a alvenaria, concreto, argamassas e cerâmicas, que representam 50% do volume de RCC das construções, na sequência está a madeira com um percentual de 30%, 10% ao gesso, 7% para papéis, plásticos e metais e 3% são constituídos de resíduos perigosos e outros resíduos não recicláveis, conforme o Gráfico 1.

Gráfico 1 - Quantificação de resíduos



Fonte: adaptado de Careli (2014).

Verifica-se em Costa, Athayde Junior, Oliveira (2014) que, uma característica importante dos RCC para estudos quantitativos é a densidade dos materiais, parâmetro este definido como a razão entre a sua massa e o volume ocupado. Dessa forma, a taxa de geração de RCC pode ser definida como a razão entre a quantidade de resíduos gerada, geralmente considerando a densidade dos materiais, e a área construída.

Vários estudos foram realizados dessa forma, por exemplo, Andrade *et al.* (2001) fizeram uma estimativa de quanto cada material gera de resíduo relacionando o consumo real com o consumo referência, através de dados de outras pesquisas. Em seguida, associou a quantidade de entulho por unidade de serviço com a área de piso da edificação e multiplicou pela massa de entulho de cada material, chegando ao valor total de 49,58kg/m².

Já Souza (2005) quantificou os resíduos gerados em 50 unidades habitacionais de 44,52m² cada, por meio da pesagem dos montes de entulhos de cada obra em recipientes de volume conhecido para obter a massa unitária. Deste modo, chegou-se ao valor de 3,10m³ de entulhos para cada unidade habitacional com uma massa unitária de 1.288kg/m³, obtendo-se uma taxa de 89,68 kg/m² de RCC. O autor verificou que a maior parcela destes resíduos eram constituídos de materiais cerâmicos e restos de concretos e argamassas.

Pinto (1999) em sua pesquisa considerou uma massa de 1.200 kg/m² para edificações finalizadas, executadas por processos convencionais e uma perda média de materiais nos processos construtivos de 25% em relação à massa de materiais, com um percentual de perdas de materiais removidos como RCC DE 50%, chegando assim a uma taxa de 150 kg/m² de área construída.

Dos estudos acima citados, apenas Souza (2005) chegou a uma taxa de geração de RCC por área construída utilizando-se de métodos diretos, ou seja, a quantificação dos resíduos *in loco*, sendo o de Andrade *et al.* (2001) e Pinto (1999) baseado apenas em estimativas e considerações.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na cidade de Joaçaba-SC, que possui uma área de 243,094 km² com 29.827 habitantes, dos quais cerca de 92% residindo na zona urbana do município (IBGE, 2018).

Foram selecionadas 8 residências unifamiliares com sistema de construção convencional, ou seja, estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação para a realização do estudo onde primeiramente realizou-se visitas *in loco* a fim de compatibilizar os processos executivos com os apresentados em projeto. Essa verificação consistiu em:

- a) confirmação do método construtivo;
- b) identificação das tecnologias construtivas utilizadas;
- c) identificação da etapa construtiva em execução.

A pesquisa foi realizada durante um período de 4 meses compreendido entre Março a Junho de 2019, em residências unifamiliares em diferentes etapas construtivas para que fosse possível acompanhar desde a superestrutura até a fase de acabamento, dentro do contexto

dos serviços considerados como maiores geradores de resíduos, conforme abordado por Careli (2014).

Os serviços analisados na presente pesquisa foram: armadura, formas (madeira de Pinus), escoramento (madeira de Eucalipto), concretagem, alvenaria (dividida entre bloco cerâmico e argamassa de assentamento), revestimento com argamassa e revestimento cerâmico de obras novas em construção e foram acompanhados nas respectivas obras, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Serviços de cada obra

OBRA	SERVIÇO
Obra A	Armadura, Forma, Escoramento, Concretagem, Alvenaria
Obra B	Revestimento cerâmico
Obra C	Revestimento argamassado
Obra D	Revestimento argamassado
Obra E	Alvenaria, Revestimento argamassado
Obra F	Revestimento cerâmico
Obra G	Armadura, Forma, Escoramento, Concretagem
Obra H	Armadura, Alvenaria

Fonte: as autoras.

Para a quantificação dos materiais que constituem o serviço de alvenaria, bem como para os serviços de revestimento com argamassa e revestimento cerâmico, as amostras foram coletadas dividindo-as em superfície com abertura e sem abertura.

Com relação as amostras de blocos cerâmicos e argamassa de assentamento, foram coletadas uma amostra para superfície com abertura e duas amostras para superfícies sem abertura.

Já para o serviço de revestimento argamassado, dividiu-se este serviço em chapisco e emboço de camada única, onde para cada uma dessas etapas coletou-se uma amostra em superfície com abertura e uma em local sem abertura. No que diz respeito a revestimento cerâmico, os dados coletados se referem a quatro amostras, sendo duas dessas para superfícies com abertura e duas para superfícies sem abertura.

Para os demais serviços acompanhados, dividiu-se as amostras entre os elementos estruturais, onde para o serviço de armadura e forma acompanhou-se os elementos de pilar e viga com um total de seis amostras coletadas para cada serviço.

Do total de quatro amostras coletadas para o serviço de escoramento, três destas se referem ao elemento de viga e somente uma amostra foi coletada para escoramento de lajes.

Na concretagem, todos os elementos estruturais foram acompanhados, sendo coletadas amostras para pilares e em conjunto para vigas e lajes, visto que a concretagem desses elementos ocorre de forma simultânea. No total, coletou-se 5 amostras para esse serviço.

A metodologia consistiu na medição *in loco* da área ou do volume das amostras de cada serviço executados e conseqüentemente na pesagem dos resíduos gerados, com o preenchimento de um *check list* e registros fotográficos. Além da medição, foram coletados dados necessários para a identificação de fatores que interferem na geração de resíduos, como a experiência profissional dos trabalhadores, os métodos construtivos, as tecnologias empregadas e a qualidade dos materiais. Estes dados foram preenchidos no *check list* de cada amostra.

Observa-se que a grande maioria das pesquisas existentes utilizam valores fixos para a densidade dos resíduos, não levando em consideração os diferentes materiais que constituem os resíduos da construção civil. Deste modo, a presente pesquisa objetiva uma análise mais confiável e precisa na quantificação dos RCC.

Para isso, realizou-se a transformação das unidades de medida dos materiais residuais gerados que, são diferentes em muitos dos serviços. Essa transformação foi realizada através da consideração da densidade específica dos materiais analisado, conforme a Tabela 2, a fim de obter uma taxa de geração de resíduos para essas obras em kg/m². Os blocos cerâmicos e as peças cerâmicas não tiveram suas densidades consideradas, sendo a relação realizada com a área executada e não com o peso da amostra.

Tabela 2 – Densidade dos materiais

Material	Densidade	Und
Madeira de Eucalyptus grandis ¹	640	kg/m ³
Madeira de Pinus eliotti ¹	560	kg/m ³
Aço CA60 Ø5,0mm ²	0,154	kg/m
Aço CA50 Ø6,3mm ²	0,245	kg/m
Aço CA50 Ø8,0mm ²	0,395	kg/m
Aço CA50 Ø10,0mm ²	0,617	kg/m
Aço CA50 Ø12,5mm ²	0,963	kg/m
Aço CA50 Ø16,0mm ²	1,578	kg/m
Concreto armado ³	2500	kg/m ³
Argamassa de assentamento	1900	kg/m ³
Revestimento argamassado	2100	kg/m ³

Fonte: GERDAU (2018)²; NBR 6120 (ABNT, 2000); NBR 7190 (ABNT, 1997)¹; PRODETEC (20--?)³.

Para os materiais que tiveram as suas densidades consideradas, conforme a Tabela 2, fez-se a quantificação da amostra acompanhada, em volume ou em metro linear quando se trata da quantificação das armaduras e obteve-se o peso total da amostra, em seguida relacionou-se com o peso total de resíduos gerados nessa amostra, obtendo assim uma relação para cada amostra, através da Equação 1 e 2.

$$PTA = QA * DS \quad (1)$$

$$RA = \frac{RE}{PTA} \quad (2)$$

Onde:

PTA: peso total da amostra [kg]

QA: quantificação da amostra

DS: densidade do material

RA: relação da amostra

RE: resíduo da amostra [kg]

Em seguida, fez-se o levantamento da quantidade total de cada serviço para cada obra com base nos projetos arquitetônicos e dos projetos estruturais para as obras que tiveram seus elementos estruturais acompanhados, levando em consideração a unidade de medida de cada serviço acompanhado.

Com esses dados, foi possível estimar o desperdício total através da multiplicação entre a relação de cada amostra pelo peso total da obra, conforme a Equação 3.

$$DT = RA * PTO \quad (3)$$

Onde:

DT: desperdício total da obra [kg]

PTO: peso total da obra [kg]

Por conseguinte, obteve-se a quantidade total de resíduo de cada serviço em unidade de massa (kg) e posteriormente dividiu-se esse resultado pela área da edificação, resultando em uma taxa de RCC em kg/m² para cada serviço de uma obra.

Para os serviços que não tiveram sua densidade considerada, como o caso dos blocos cerâmicos e das peças cerâmicas, a quantificação foi realizada relacionando o peso do material desperdiçado com a área executada, gerando uma relação desperdício/área para as amostras.

Posteriormente, quantificou-se a área total destes serviços para cada obra acompanhada e estimou-se o desperdício total de cada amostra através da multiplicação da área total pela relação desperdício/área. Em seguida, dividiu-se pela área da obra para se obter uma taxa em kg/m².

Para se obter a taxa de RCC total de um serviço, fez-se a média aritmética das amostras. Para os elementos estruturais, separou-se a quantificação por pilares, vigas e lajes, gerando uma taxa para cada elemento, sendo o produto da soma destas a taxa total de resíduo desses serviços. Quando diferenciado superfícies com abertura e sem abertura, a quantificação final foi realizada da mesma forma.

Em seguida, com o propósito de chegar a uma taxa de RCC para residências unifamiliares na cidade de Joaçaba-SC, realizou-se a soma das taxas de cada serviço acompanhado, alcançando assim uma única taxa em kg/m².

Para a medição dos serviços e resíduos gerados *in loco* foram utilizados trenas, balança digital de precisão modelo SF-400 com capacidade de até 5kg e uma balança eletrônica modelo BAL162-BAT com capacidade de até 150kg. Além destes materiais utilizou-se lonas e potes plásticos que serviram para auxiliar na pesagem dos resíduos e tiveram seus pesos próprios descontados para não interferir na majoração da quantificação dos resíduos.

Durante o período de realização da pesquisa, as condições climáticas interferiram na coleta de dados, visto que o mês de maio foi chuvoso, atrasando os serviços e reduzindo a quantidade de amostras coletadas, principalmente para o serviço de revestimento com argamassa.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir dos dados coletados nas visitas *in loco*, foi possível perceber que a grande variância na geração de resíduos da construção civil ocorre, em sua grande maioria, devido aos métodos construtivos utilizados e a mão de obra empregada. Devido a isso, os resultados obtidos e os fatores que interferem na geração de resíduos estão apresentados primeiramente para cada serviço, de modo a facilitar o entendimento e posteriormente realizou-se um apanhado geral sobre a taxa de RCC para residências unifamiliares na cidade em estudo.

4.1 ARMADURA

Os dados apresentados nas Tabelas 3 e 4 representam as quantidades de resíduos coletados em cada amostra para cada elemento acompanhado, bem como a correlação com a quantidade total desse material em cada obra analisada.

Tabela 3 – Resíduo de armadura para pilares

Dados	OBRA A		OBRA H
	Pilar 1	Pilar 2	Pilar 3
Quantificação das amostras pelo projeto			
Barras de Ø 5mm (m)	16,8	12,92	15,4
Barras de Ø 10mm (m)		19,6	
Barras de Ø 12,5mm (m)	19,68		12
Peso total da amostra (kg)	21,53	14,08	13,93
Quantificação dos resíduos			
Material desperdiçado durante a execução da amostra (kg)	0,069	2,735	0,088
Relação desperdício/amostra (kg/kg)	0,003	0,194	0,006
Correlação de dados para o total da obra			
Peso total armadura da obra (kg)	740,2	740,2	565,43
Desperdício total da obra (kg)	2,37	143,78	3,57
Área de piso da obra (m ²)	129,8	129,78	192,55
TAXA RCC POR AMOSTRA (kg/m ²)	0,02	1,11	0,019
TAXA RCC (kg/m²)			0,38

Fonte: as autoras.

Tabela 4 – Resíduos de armadura para vigas

Dados	OBRA A		OBRA G
	Viga 1	Viga 2	Viga 3
Quantificação das amostras pelo projeto			
Barras de Ø 5mm (m)	17	12	30,3
Barras de Ø 6,3mm (m)			6,84
Barras de Ø 8,0mm (m)		11,2	8,88
Barras de Ø 10,0mm (m)	16,92		
Barras de Ø 12,5mm (m)			14,8
Peso total da amostra (kg)	13,06	6,27	24,1
Quantificação dos resíduos			
Material desperdiçado durante a execução da amostra (kg)	0,636	0,307	2,83
Relação desperdício/amostra (kg/kg)	0,049	0,049	0,12
Correlação de dados para o total da obra			
Peso total armadura da obra (kg)	923,73	923,73	1121,35
Desperdício total da obra (kg)	44,98	45,21	131,68
Área de piso da obra (m ²)	129,78	129,78	228,23
TAXA RCC POR AMOSTRA (kg/m ²)	0,35	0,35	0,58
TAXA RCC (kg/m²)			0,42

Fonte: as autoras.

Por meio dos dados obtidos, é notório a divergência entre os resíduos gerados entre amostras, principalmente se comparadas as amostras do Pilar 2 com o Pilar 1 e 3. Isso se deve ao fato de nos pilares 1 e 3 não ter havido sobra de barras longitudinais que se tornassem resíduos, uma vez que estes pilares se localizavam no primeiro pavimento, fazendo com que as sobras geradas no corte das armaduras pudessem ser reutilizadas posteriormente nas armaduras das vigas, sendo o resíduo dessas amostras formado apenas de material remanescente do arame recozido utilizado na amarração das armaduras.

Já o Pilar 2 era do pavimento superior que suporta a cobertura, sendo que das 6 barras longitudinais que esse pilar possuía, 4 possuíam esperas para suportar a caixa d'água. Desse modo, devido ao comprimento de corte das barras possuírem dimensões fracionadas, houve sobra de armaduras longitudinal que, por se tratar do último pavimento não puderam ser reutilizadas, tornando-se resíduos.

Portanto, se houver uma padronização em projeto no que diz respeito ao comprimento de corte das barras para que estes sejam múltiplos de 2, 3 ou 4, consegue-se uma redução de 98% na geração de resíduos de armaduras para pilares, comparando as amostras.

Portanto, a taxa de resíduo obtida para o elemento pilar, obtida através da média das taxas de cada amostra, resultaram no valor de 0,38 kg/m².

Para as vigas, a diferença mais significativa está no material desperdiçado na viga 3 em relação as demais. Fato ocasionado devido a utilização de barras que já não estavam no comprimento padrão (12m) e para se enquadrar nos comprimentos indicados em projetos

foram novamente cortadas, gerando sobra de vários pequenos pedaços que não puderam ser reutilizados posteriormente.

Se todas as armaduras positivas e negativas fossem dimensionadas em projeto com comprimentos iguais, haveria uma redução de 40% no desperdício de materiais, análise esta realizada comparando as amostras da viga 1 e 2 com a viga 3.

Por conseguinte, realizando a média das três amostras coletadas para armaduras de vigas, chegou-se a taxa de resíduo de 0,42 kg/m².

No que diz respeito a mão de obra, o profissional da Obra A possuía 15 anos de experiência, o da obra G possuía 28 e o da obra H 43 anos de experiência, porém para o serviço de armadura de pilares e vigas não foi perceptível uma relação da mão de obra com a geração de resíduos, uma vez que as técnicas utilizadas para a realização desse serviço em ambas as obras eram muito semelhantes.

Não foi quantificado armaduras de laje visto que para todas as obras acompanhadas utilizou-se de vigotas pré-moldada.

Diante do exposto, através do somatório da taxa de resíduo de pilar e viga, obteve-se a taxa de RCC para o serviço de armadura, resultando no valor de 0,81 kg/m².

4.2 FORMAS

Referente ao serviço de forma, estão descritos nas Tabelas 5 e 6 os dados obtidos para cada amostra de pilares e vigas. Também estão apresentados a correlação desses dados com a quantidade total deste serviço para cada obra acompanhada. Em todas as obras acompanhadas, para a execução das formas utilizou-se madeira tipo Pinus Elliotti de segunda categoria.

Tabela 5 - Desperdício de formas de pilares

Dados	OBRA A		OBRA G
	Pilar 1	Pilar 2	Pilar 3
Quantificação dos resíduos			
Material desperdiçado durante a execução da amostra (kg)	0,042	12,78	0,32
Material da amostra executada (m ³)	0,043	0,11	0,083
Peso total da amostra executada (kg)	24,36	61,6	46,48
Material desperdiçado na desforma (kg)	0	5,12	0
Desperdício total (kg)	0,042	17,9	0,32
Relação desperdício/amostra (kg/kg)	0,002	0,29	0,007
Correlação de dados para o total da obra			
Peso total da obra (kg)	1162,56	1162,56	1199,1
Desperdício total da obra (kg)	2,00	337,82	8,26
Área de piso da obra (m ²)	129,78	129,78	228,23
TAXA RCC POR AMOSTRA (kg/m ²)	0,02	2,60	0,04
TAXA RCC (kg/m²)			0,88

Fonte: as autoras.

Para formas de pilares, a diferença está relacionada ao método executivo empregado. Para o pilar 1, que estava localizado no primeiro pavimento, utilizou-se de madeira reaproveitada, ou seja, esta havia sido utilizada uma única vez para formas das vigas e não teve sua estrutura danificada na desforma. Em seguida, para se adequar as dimensões do pilar 1 fez-se cortes na madeira e grande parte do material que sobrou seria reutilizado posteriormente para as demais formas da obra, não sendo contabilizados como resíduos. O restante desta sobra que não havia como ser destinado para outros serviços foi contabilizado como desperdício.

No entanto, o pilar 2 acabou gerando 99% a mais de resíduo se comparado com as demais amostras. Isso se deve ao fato do pilar 2 estar localizado no segundo e último pavimento e possuir dimensões maiores que os demais pilares que possuíam dimensões padronizadas, por isso houve a necessidade de grande quantidade de recortes nas peças de madeiras, visto que estas já haviam sido reutilizadas várias vezes e possuíam algumas avarias. Pelo fato dessa forma ter sido montada com a união de vários pequenos pedaços de madeira, houve sobra excessiva de material na desforma uma vez que, por se tratar do último pavimento e de pedaços pequenos de madeira, não teriam mais serventia.

Já o pilar 3, o baixo índice de resíduos nesta obra ($0,04 \text{ kg/m}^2$) é justificado pelo método executivo empregado. O pilar 3 estava localizado no último pavimento, mas nesta obra os profissionais utilizavam prego de cabeça dupla e reutilizavam as formas do pavimento inferior. A utilização de pregos de cabeça dupla auxilia na desforma uma vez que a peça não fica danificada e não tem a necessidade de desmontar os painéis, podendo ser reutilizada inteiramente nas demais formas desde que possuam as mesmas dimensões, como foi o caso do pilar 3.

O resíduo gerado no pilar 3 foi somente a lateral de duas gravatas da forma que tiveram que ser cortadas para que a forma pudesse ser encaixada no local, devido à proximidade entre o pilar e um muro.

Diante dessas três amostras coletadas para pilares é possível concluir que, se forem seguidas as recomendações bibliográficas durante a execução das formas, principalmente do que diz respeito a utilização de prego de cabeça dupla e se mantida as dimensões dos pilares constantes ao longo dos pavimentos, é possível alcançar uma redução de 98% no desperdício da madeira, comparando as amostras dos pilares 1 e 3 com o pilar 2.

Tabela 6 – Desperdício de formas para vigas

Dados	OBRA A		OBRA G
	Viga 1	Viga 2	Viga 3
Quantificação dos resíduos			
Material desperdiçado durante a execução da amostra (kg)	0,175	1,088	3,867
Material da amostra executada (m ³)	0,078	0,0396	0,06
Peso total da amostra executada (kg)	43,68	22,17	33,6
Material desperdiçado na desforma (kg)	0	0,351	0

Dados	OBRA A		OBRA G
	Viga 1	Viga 2	Viga 3
Desperdício total (kg)	0,175	1,439	3,867
Relação desperdício/amostra (kg/kg)	0,004	0,06	0,115
Correlação de dados para o total da obra			
Peso total da obra (kg)	3326,4	3326,4	3662,96
Desperdício total da obra (kg)	13,33	215,85	421,57
Área de piso da obra (m ²)	129,78	129,78	228,23
TAXA RCC POR AMOSTRA (kg/m ²)	0,10	1,66	1,85
TAXA RCC (kg/m²)			1,20

Fonte: as autoras.

Para as vigas, a diferença mais significativa está relacionada a utilização de madeira nova ou de reaproveitamento e ao método executivo.

Comparando as amostras da obra A, a diferença está no fato da viga 1 ter utilizado madeira nova para a confecção da forma, gerando pouco resíduo de madeira que não poderia ser reutilizado posteriormente, 94% menos resíduo se comparado com a segunda amostra da mesma obra. Além disso, a viga 1 era de baldrame, porém não estava em contato com o solo, tendo somente a sua lateral externa desformada sem danificar a peça.

A viga 2 suportava a segunda laje e utilizou-se de madeira reutilizada, havendo a necessidade de recortes para se adequar as dimensões da peça. Na desforma dessa amostra, houve resíduos devido à danificação das gravatas colocadas nas extremidades da viga.

Em relação a viga 3 da obra G, esta estava localizada no pavimento superior suportando a segunda laje da edificação, a madeira empregada para a fabricação das formas era de primeiro uso e o resíduo coletado diz respeito a sobra de madeira no corte das gravatas. Comparando com as demais amostras, a viga 3 possuía uma quantidade superior de gravatas, tornando a forma mais estanque, fato esse que pode ser comprovado posteriormente na comparação dos desperdícios de concreto.

Se comparado os métodos construtivos das formas das vigas, na obra A montava-se os painéis das formas no local onde esta seria colocada enquanto na obra H os painéis eram montadas na carpintaria conforme as dimensões de projeto e eram levadas para dentro da obra apenas para serem fixadas no local correto. Quanto a isso, não foi possível concluir que estes métodos interferiram na geração de resíduos, sendo a maior contribuição na geração de resíduos a utilização de madeira reaproveitada e a sobra proveniente das gravatas. A qualidade da madeira também não teve influência na geração de resíduos, sendo que todas as obras utilizavam madeira de segunda categoria.

Portanto, é possível verificar que para as formas das vigas, o profissional da obra G, que possuía 8 anos a mais de experiência em relação ao da obra A, gerou mais resíduos, porém, em contrapartida, houve uma redução significativa na redução de desperdício de concreto dessas obras devido a estanqueidade das formas, conforme poderá ser observado a seguir.

Visando a redução dos desperdícios provenientes das formas de vigas, recomenda-se a fabricação de formas estanques e a utilização de prego de cabeça dupla, além de uso de desmoldante, para que os painéis possam ser desformados sem sofrer avarias e consequentemente reutilizados em locais que possuam as mesmas dimensões.

Por conseguinte, a taxa obtida para formas foi de 2,08 kg/m², sendo 0,88 kg/m² relacionado aos pilares e 1,20 kg/m² a taxa gerada para as vigas.

4.3 ESCORAMENTO

No tocante aos resíduos de escoras, estas constituídas de madeira do tipo *Eucalyptus grandis*, o volume foi maior quando as escoras tiveram suas bases cortadas para nivelamento e quando o local a ser escorado possuía altura inferior a 2m, dificultando a reutilização.

Para a quantificação das escoras em projeto, considerou uma distância de 80cm entre elas, conforme verificado *in loco*. A partir dos dados coletados na Tabela 7, verifica-se que as taxas geradas para cada amostra coletada ficaram divergentes entre si.

Tabela 7 – Resíduos de escoras

Dados	OBRA A		OBRA G	
	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Laje
Quantificação dos resíduos				
Material desperdiçado durante a execução da amostra (kg)	0,248	3,007	10,416	5,487
Material da amostra executada (m ³)	0,0128	0,0095	0,0236	0,0247
Peso total da amostra executada (kg)	8,192	6,08	15,104	15,808
Material desperdiçado na desforma (kg)	0	4,17	0	0
Desperdício total (kg)	0,248	7,177	10,416	5,487
Relação desperdício/amostra (kg/kg)	0,03	1,18	0,69	0,35
Correlação de dados para o total da obra				
Peso total da obra (kg)	1643,68	1643,68	3528,64	2755,05
Desperdício total da obra (kg)	49,76	1940,25	2433,42	959,29
Área de piso da obra (m ²)	129,78	129,78	228,23	228,23
TAXA RCC POR AMOSTRA (kg/m ²)	0,38	14,95	10,662	4,19
TAXA RCC VIGAS (kg/m ²)				8,66
TAXA RCC LAJE (kg/m ²)				4,19
TAXA RCC (kg/m ²)				12,85

Fonte: as autoras.

A viga 1 a ser escorada foi de baldrame, sendo que esta não estava em contato com o solo e utilizou-se escoras de primeiro uso. As escoras não tiveram sua base nivelada para manter a viga no nível uma vez que a superfície de apoio, no caso o solo, não era regular. Dessa forma, as escoras foram apoiadas sobre tábuas.

Para a viga 2, reaproveitou-se as escoras utilizadas nas vigas de baldrame visto que estas já possuíam altura inferior a 2m e a altura necessária para escorar a viga 2 era de apenas 60cm, pois existia uma parede logo abaixo.

Assim sendo, o desperdício gerado foi na sobra dos cortes durante a montagem e durante a desforma que, devido à altura reduzida dessas escoras, não foram reutilizadas.

Na obra G, tanto as escoras da viga quanto as da laje tinham sua base cortada para manter o nível dos elementos escorados. Além disso, as escoras eram novas e possuíam em média 50cm a mais de altura que o necessário, sendo inevitável o corte na altura ideal. Para as vigas, o comprimento de corte que se tornou resíduo era maior do que para as lajes, o que explica a diferença de resíduos entre as amostras.

Logo, a taxa obtida através da média das amostras para escoras de viga foi de 8,67 kg/m² e para laje 4,19 kg/m², gerando então uma taxa de RCC para escoras de 12,86 kg/m².

Comparando as amostras da Obra A com a Obra G, pode-se dizer que neste serviço a mão de obra não interferiu na geração de resíduos, uma vez que a diferença nas taxas de uma obra pra outra é de apenas 3%. Comprova-se então, que a variância na geração de resíduos está mais relacionada com as diferentes situações que ocorrem ao longo da obra.

Objetivando a redução desses resíduos, alternativas como a utilização de escoras metálicas reduzem significativamente estes desperdícios, uma vez que podem ter sua altura regulada e podem ser reaproveitadas diversas vezes.

4.4 CONCRETO

Acompanhou-se o serviço de concretagem em duas obras, verificando-se a diferença na geração de resíduos entre os elementos estruturais, conforme pode ser comprovado na Tabela 8 e Tabela 9.

As obras acompanhadas utilizaram-se de concreto usinado e o material desperdiçado durante a lavagem da mangueira não pode ser contabilizado.

Tabela 8 – Desperdício de concreto em pilares

Dados	OBRA A	OBRA G
	Pilar 1	Pilar 2
Quantificação dos resíduos		
Material desperdiçado durante o transporte (kg)	5,6	0,397
Material desperdiçado durante a execução da amostra (kg)	2,91	0,261
Material da amostra (m ³)	0,11	0,189
Peso total da amostra executada (kg)	283,5	472,5
Material no local de acondicionamento (kg)	0	0
Desperdício total da amostra (kg)	8,51	0,658
Relação desperdício/amostra (kg/kg)	0,03	0,001
Correlação de dados para o total da obra		
Volume total da obra (m ³)	3,65	4,63
Peso total da obra (kg)	9125,0	11575,0
Desperdício total da obra (kg)	273,75	16,12
Área de piso da obra (m ²)	129,78	228,23
TAXA RCC POR AMOSTRA (kg/m ²)	2,11	0,071
TAXA RCC (kg/m²)		1,09

Fonte: as autoras.

O desperdício de material gerado no serviço de concretagem está diretamente relacionado a qualidade das formas, influenciada pela mão de obra.

Para o pilar da Obra A a forma não era estanque, o que fez com que material fosse desperdiçado, conforme pode ser observado na Fotografia 1. Ao finalizar a concretagem desse pilar, o bombeamento da mangueira não foi interrompido, causando 93% a mais de desperdício de material durante o transporte se comparado a amostra da obra G.

Para a concretagem do pilar da obra G, o desperdício de material foi 97% menor, visto que as formas eram estanques e durante o transporte da mangueira o bombeamento do concreto era interrompido, diminuindo significativamente a perda de material.

Fotografia 1 – Desperdício na concretagem do pilar



Fonte: as autoras.

Portanto, pode-se dizer que neste serviço a mão de obra dos profissionais teve relação direta com a quantidade de resíduo gerado. Os profissionais da obra A, que possuíam em

média 20 anos a menos de experiência se comparados aos da obra G, geraram 94% mais resíduos.

Desta forma, percebe-se que realizar treinamentos com os profissionais qualificando-os de forma a buscar uma melhoria na execução dos serviços pode reduzir significativamente o desperdício de materiais.

Em relação as vigas e lajes, a quantificação desses elementos foi realizada de forma conjunta, visto que a concretagem ocorre simultaneamente nos dois elementos. Os dados obtidos estão expostos na Tabela 9.

Tabela 9 – Desperdício de concreto em vigas e lajes

Dados	OBRA A		OBRA G
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Quantificação dos resíduos			
Material desperdiçado durante o transporte (kg)	0,496	2,873	0,578
Material desperdiçado durante a execução da amostra (kg)	5,234	9,1	0,593
Material da amostra (m³)	0,164	0,1656	0,124
Peso total da amostra executada (kg)	410,22	414,0	310
Desperdício total da amostra (kg)	5,73	11,973	1,171
Relação desperdício/amostra (kg/kg)	0,014	0,029	0,004
Correlação de dados para o total da obra			
Volume total da obra (m³)	19,02	19,02	26,9
Peso total da obra (kg)	47550	47550	67250
Desperdício total da obra (kg)	664,18	1375,16	254,03
Área de piso da obra (m²)	129,78	129,78	228,23
TAXA RCC POR AMOSTRA (kg/m²)	5,12	10,60	1,113
TAXA RCC (kg/m²)	5,61		

Fonte: as autoras.

Em relação a obra A, a primeira amostra foi coletada durante a concretagem da primeira laje, sendo que a viga acompanhada estava localizada na extremidade da edificação, o que fez com que durante o nivelamento do concreto houvesse queda de material para fora da projeção da obra, tornando-se resíduo, conforme a Fotografia 2. Além disso, o fato da forma não ser estanque também contribuiu com a geração de resíduo.

Fotografia 2 – Resíduo gerado na concretagem da viga



Fonte: as autoras.

Já a segunda amostra dessa mesma obra, está relacionada a concretagem da segunda laje sendo que a viga acompanhada estava localizada no meio do pano da laje. A geração de resíduos nessa amostra foi maior devido a fatores relacionados a estanqueidade das formas e ao fato de a laje ser pré-moldada, o que isenta a utilização de formas, fazendo com que a nata de concreto consiga penetrar entre as vigotas e o material de enchimento, gerando desperdício de material.

A amostra da obra G também se refere a uma viga de extremidade, sendo que os profissionais tomavam o devido cuidado para não desperdiçar material e as formas possuíam boa vedação.

Conclui-se então que, se bem executadas as formas dos pilares para que estas sejam estanques e se realizado fundo de forma para a concretagem das vigas e lajes, haveria redução dos desperdícios de material.

Verifica-se então, que a taxa obtida para resíduos de concreto é de 6,70 kg/m², sendo que 84% dessa taxa corresponde a resíduos gerados na concretagem de vigas e lajes.

4.5 ALVENARIA

4.5.1 Bloco cerâmico

No que diz respeito aos resíduos de alvenaria, a maior contribuição está nos blocos cerâmicos. Quando da existência de aberturas, a geração de resíduos superior devido à necessidade de recorte nos blocos cerâmicos, gerando cerca de 84% mais resíduo se comparado à paredes sem aberturas, conforme verifica-se na Tabela 10.

Os blocos cerâmicos não tiveram sua densidade considerada, sendo a quantificação dos resíduos relacionada ao material desperdiçado e a área executada.

Para as amostras sem aberturas, a diferença na geração de resíduos está relacionada ao tipo do bloco utilizado e ao método utilizado para realizar o recorte destes, sendo que na Obra E foi utilizado bloco cerâmico com 6 furos e executou-se os recortes com auxílio da serra circular e talhadeira, fazendo com que o material se quebrasse devido a sua fragilidade.

Na obra H utilizou-se bloco cerâmico de 9 furos e para a realização dos recortes empregou-se serra circular e enxada. Neste caso os blocos não se quebraram durante o recorte, o que torna a utilização de enxada mais eficiente do que talhadeira para este serviço.

Tabela 10 – Resíduo de blocos cerâmicos

Dados	OBRA A	OBRA E	OBRA H
	Amostra com abertura	Amostra sem abertura	Amostra sem abertura
Quantificação dos resíduos			
Material desperdiçado durante a execução da amostra (kg)	3,385	1,214	0,02
Material da amostra (m ²)	2,001	3,612	1,92
Relação desperdício/área (kg/m ²)	1,692	0,336	0,01
Correlação de dados para o total da obra			
Área de alvenaria da obra (m ²)	128,75	136,82	149,98
Desperdício total da obra (kg)	217,80	45,99	1,562
Área de piso da obra (m ²)	129,78	164,5	192,55
TAXA RCC POR AMOSTRA (kg/m ²)	1,678	0,28	0,008
TAXA RCC COM ABERTURA (kg/m ²)			1,678
TAXA RCC SEM ABERTURA (kg/m ²)			0,144
TAXA RCC (kg/m ²)			1,82

Fonte: as autoras.

Por conseguinte, nota-se que o método de execução adotado pelos profissionais interfere na geração dos resíduos, sendo que os profissionais da Obra H eram aproximadamente

sete vezes mais experientes que os da Obra E, se considerado os anos trabalhados na construção civil.

Verifica-se então que, a taxa obtida para resíduos de bloco cerâmico em superfícies com abertura foi de 1,678 kg/m², enquanto para superfícies sem abertura foi de 0,144 kg/m².

Se elaborado um projeto de paginação dos blocos, principalmente em superfícies com abertura, e se adotado técnicas adequadas para o recorte dos blocos, como a utilização de serra circular e enxada, a geração de resíduos nesse serviço tende a reduzir.

4.5.2 Argamassa de assentamento

Quanto a argamassa de assentamento, não foi notória a diferença na geração de resíduos justificadas pelos métodos construtivos empregados, uma vez que os foram iguais nas três obras acompanhadas.

A diferença entre a taxa da Obra A com as demais explica-se pelo fato de ter havido desperdício durante o transporte dessa argamassa e devido à mão de obra. Os profissionais dessa obra colocavam argamassa em excesso nas juntas horizontais que durante o assentamento dos blocos cerâmicos acabaram caindo e tornando-se resíduos.

Em média, os profissionais da obra E e da obra H possuíam 40 anos a mais de experiência se comparado com o da obra A, o que comprova a relação da qualificação profissional com a geração de resíduos.

No que diz respeito as tecnologias construtivas utilizadas, somente na obra A utilizou-se de argamassa usinada, sendo as demais rodadas *in loco*. Para essa obra o local de acondicionamento do material foi raspado antes de ser lavado. O material desperdiçado durante a lavagem não foi coletado, sendo o resíduo gerado no local de acondicionamento pertencente as sobras no carrinho de mão.

Na obra E, a argamassa foi rodada *in loco* e coletou-se as sobras de material dentro da betoneira e no carrinho de mão, constituindo o resíduo no local de acondicionamento conforme a Tabela 11.

Para a obra H, que também teve a argamassa rodada *in loco*, a coleta dos resíduos foi possível apenas no carrinho de mão, uma vez que a betoneira estava em uso durante a visita.

Tabela 11 – Resíduos de argamassa de assentamento

Dados	OBRA A	OBRA E	OBRA H
	Amostra com abertura	Amostra sem abertura	Amostra sem abertura
Quantificação dos resíduos			
Material desperdiçado durante o transporte (kg)	0,234	0	0
Material desperdiçado durante a execução da amostra (kg)	0,414	1,015	0,312
Material no local de acondicionamento (kg)	1,025	1,543	0,71
Amostra executada (m³)	0,04	0,132	0,025
Material da amostra (kg)	76	250,8	47,5
Relação desperdício/amostra (kg/kg)	0,022	0,010	0,02
Correlação de dados para o total da obra			
Amostra total da obra (m³)	2,575	5	1,95
Peso total da obra (kg)	4892,5	9500	3705
Desperdício total da obra (kg)	107,7	96,89	79,716
Área de piso da obra (m²)	129,78	164,5	192,55
TAXA RCC POR AMOSTRA (kg/m²)	0,83	0,59	0,414
TAXA RCC COM ABERTURA (kg/m²)			0,83
TAXA RCC SEM ABERTURA (kg/m²)			0,502
TAXA RCC (kg/m²)			1,332

Fonte: as autoras.

Conclui-se que, a qualificação dos profissionais influencia diretamente na geração dos resíduos, por isso a realização de palestras e cursos onde sejam abordados métodos construtivos mais eficientes e assuntos sobre a importância da redução desses resíduos, pode influenciar positivamente na redução dessa geração.

Através das amostras coletadas, foi possível obter uma taxa para argamassa de assentamento igual a 1,332 kg/m².

4.6 REVESTIMENTO COM ARGAMASSA

Este serviço foi acompanhado em três obras, sendo as amostras da Obra D correspondentes à execução de chapisco e as amostras das Obras C e E à execução de emboço de camada única. As amostras estão representadas na Tabela 12 para superfícies com aberturas e na Tabela 13 para superfícies sem abertura.

Para o chapisco, a espessura era de 1cm enquanto para as amostras de emboço de camada única a espessura era de 2,5cm. Estes dados, juntamente com a densidade do material, que foi considerada 2100 kg/m³ tanto para chapisco quanto para emboço, foram utilizados para calcular o peso das amostras.

Tabela 12 – Resíduos de argamassa para revestimento em superfícies com abertura

Dados	OBRA C	OBRA D
	Amostra 1	Amostra 2
Quantificação dos resíduos		
Material desperdiçado durante o transporte (kg)	0,198	0
Material desperdiçado durante a execução da amostra (kg)	51,3	2,035
Material no local de acondicionamento (kg)	1,019	1,043
Amostra executada (m ²)	7,8	6,34
Peso da amostra (kg)	409,5	133,14
Relação desperdício/amostra (kg/kg)	0,13	0,023
Correlação de dados para o total da obra		
Área total deste serviço (m ²)	121,85	105,94
Peso total da obra (kg)	6397,13	2224,74
Desperdício total da obra (kg)	820,41	51,43
Área de piso da obra (m ²)	126,53	56,61
TAXA RCC POR AMOSTRA (kg/m ²)	6,48	0,91
TAXA RCC (kg/m²)		3,70

Fonte: as autoras.

Tabela 13 - Resíduos de argamassa para revestimento em superfícies sem abertura

Dados	OBRA D	OBRA E
	Amostra 1	Amostra 2
Quantificação dos resíduos		
Material desperdiçado durante o transporte (kg)	0	0
Material desperdiçado durante a execução da amostra (kg)	2,666	25,262
Material no local de acondicionamento (kg)	0,978	3,67
Amostra executada (m ²)	8,4	2,47
Peso da amostra (kg)	176,4	129,68
Relação desperdício/amostra (kg/kg)	0,0206	0,22
Correlação de dados para o total da obra		
Área total deste serviço (m ²)	113,26	343,03
Peso total da obra (kg)	2378,46	18009,07
Desperdício total da obra (kg)	49,13	4017,88
Área de piso da obra (m ²)	56,61	164,5
TAXA RCC POR AMOSTRA (kg/m ²)	0,87	24,42
TAXA RCC (kg/m²)		12,646

Fonte: as autoras.

Analisado as amostras de chapisco com abertura e sem abertura, nota-se que a diferença é pouco significativa, apenas 4% maior em superfícies com abertura. Isso se deve ao fato do profissional que executou esse serviço ter tomado cuidado para não desperdiçar material pela abertura quando arremessava o material sobre a superfície.

Para o emboço de camada única, a grande quantidade de resíduo gerada nesse serviço, aproximadamente 94% maior se comparado a média das amostras de emboço com as de chapisco, pode ser explicada em razão do excesso de material que é depositado sobre a superfície a ser revestida antes desta ser regularizada por meio de sarrafeamento. Esse

excesso de material que se transforma em resíduo corresponde a 15% de todo o material das amostras.

A diferença na geração de resíduos de emboço entre a obra C e a Obra E está relacionada à mão de obra, uma vez que o profissional da Obra C seguiu as recomendações das bibliografias no que diz respeito ao tempo que é necessário esperar para o enrijecimento da argamassa antes desta ser regularizada, enquanto que o tempo esperado pelo profissional da obra E foi inferior, o que fez com que mais material se desprendesse da parede e necessitasse de um novo lançamento de argamassa em pontos específicos, aumentando o volume de resíduo gerado nessa amostra.

Nota-se então que, se respeitado o tempo de enrijecimento da argamassa conforme recomenda as bibliografias antes de fazer a regularização da superfície revestida, é possível alcançar uma redução de 73% na geração desses resíduos.

Nas obras analisadas, foram executadas apenas taliscas antes da superfície ser revestida. Acredita-se que, se executada as mestras conforme as recomendações de bibliografias, a geração de resíduo pode ser reduzida uma vez que, as mestras servirão de base para garantir a espessura do revestimento, não necessitando o lançamento de material em excesso.

4.7 REVESTIMENTO CERÂMICO

Para esse serviço coletou-se quatro amostras, sendo a metade delas para superfícies com abertura e a outra metade para superfícies sem abertura, conforme verificado nas Tabela 14 e Tabela 15.

Verifica-se que em superfícies com aberturas, a produção de resíduos é 30% maior devido à grande necessidade de corte nas peças para se adequar à paginação adotada in loco.

Entre amostras, nota-se que a Obra B foi a maior geradora de resíduos. Isso se deve fato das peças terem sido danificadas durante o transporte da loja até a obra, fazendo com que as partes das peças que estavam danificadas tivessem que ser recortadas e descartadas por estarem impróprias pra uso.

Tabela 14 – Resíduo de material cerâmico em superfícies com abertura

Dados	OBRA B	OBRA F
	Amostra 1	Amostra 2
Quantificação dos resíduos		
Material desperdiçado durante a execução da amostra (kg)	19,86	11,67
Amostra executada (m ²)	4,14	6,48
Relação desperdício/amostra (kg/m ²)	4,797	1,801
Correlação de dados para o total da obra		
Área total deste serviço (m ²)	18,75	27,0
Desperdício total da obra (kg)	89,95	48,63
Área de piso da obra (m ²)	72,98	164,63
TAXA RCC POR AMOSTRA (kg/m ²)	1,23	0,30
TAXA RCC (kg/m²)		0,764

Fonte: as autoras.

Tabela 15 - Resíduo de material cerâmico em superfícies sem abertura

Dados	OBRA B	OBRA F
	Amostra 1	Amostra 2
Quantificação dos resíduos		
Material desperdiçado durante a execução da amostra (kg)	6,43	5,85
Amostra executada (m ²)	3,36	8,16
Relação desperdício/amostra (kg/m ²)	1,914	0,717
Correlação de dados para o total da obra		
Área total deste serviço (m ²)	32,45	48,6
Desperdício total da obra (kg)	62,10	34,84
Área de piso da obra (m ²)	72,98	164,63
TAXA RCC POR AMOSTRA (kg/m ²)	0,85	0,21
TAXA RCC (kg/m²)		0,531

Fonte: as autoras.

Nesta mesma obra, as peças cerâmicas possuíam maiores dimensões, sendo o peso de cada peça superior as demais obras, o que também interfere na taxa, uma vez que para esse serviço não levou-se em consideração a densidade dos materiais. As peças da obra B eram quadradas de 50x50cm e pesavam 7,2 kg cada peça, enquanto as da obra F eram de 30x60cm e pesavam 2,62 kg.

Quando se refere a revestimento cerâmico, a metodologia construtiva e a mão de obra empregada não representaram impactos significativos na geração dos resíduos, visto que os métodos utilizados para a execução dos serviços foram iguais nas duas obras.

Projetos de paginação das peças cerâmicas que visem adequar as peças de modo a reduzir a necessidade de recortes pode contribuir significativamente para a redução dos desperdícios.

Para este serviço, a taxa obtida para superfícies com abertura foi de 0,764 kg/m², enquanto para superfícies sem abertura foi de 0,531 kg/m², totalizando uma taxa de RCC para revestimento cerâmico igual a 1,295 kg/m².

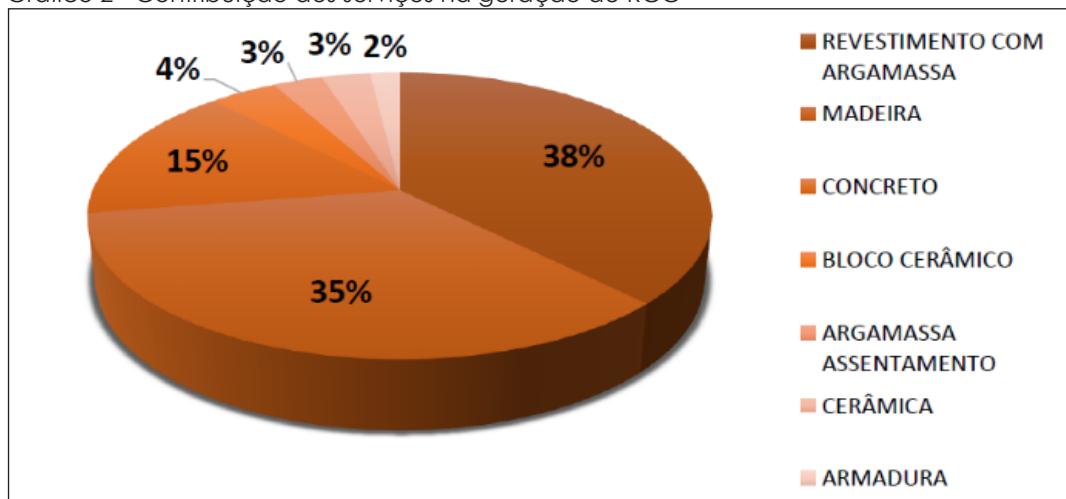
4.8 TAXA DE RCC

Diante do exposto, a taxa de geração de RCC em construções unifamiliares na região de Joaçaba-SC obtida por meio da soma das taxas de cada serviço foi de 43,24 kg/m², destacando que a geração dos resíduos pode variar de 69,29 kg/m² a 4,76 kg/m², taxas estas obtidas através do somatório das taxas máximas e mínimas das amostras de cada serviço.

Verifica-se que o material mais abundante nos resíduos da construção civil é a argamassa de revestimento, representando aproximadamente 38% do volume de resíduos gerados. Em seguida está a madeira e o concreto, com 35% e 15%, respectivamente. Os 35% da madeira correspondem a 30% de escoras e 5% de formas.

Na sequência estão os blocos cerâmicos constituindo 4%, argamassa de assentamento e revestimento cerâmico com 3% e pôr fim a armadura, com 2%, conforme o Gráfico 2.

Gráfico 2 - Contribuição dos serviços na geração de RCC



Fonte: as autoras.

A taxa obtida ficou inferior a de Souza (2005) com 89,68 kg/m² e a de Pinto (1999) com 150kg/m², porém ficou muito próxima com a de Andrade *et al.* (2001), onde a taxa obtida foi de 49,58 kg/m².

Se classificarmos os resíduos conforme a Resolução nº 307 do CONAMA (BRASIL, 2002), nota-se que os resíduos classificados como Classe A representaram 63% do total de resíduos gerados na construção civil, sendo que estes podem ser reutilizados ou reciclados como agregado. Os outros 37% foram classificados como Classe B, que podem ser recicláveis para outras destinações. Por isso, um diagnóstico dos resíduos é importante para que se possa realizar uma gestão adequada desses materiais.

5 CONCLUSÃO

A quantificação e classificação dos resíduos foi fundamental para entender a situação destes na cidade de Joaçaba-SC e contribuir com o município a partir de dados confiáveis que podem auxiliar na elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, visto que a taxa média obtida de 43,24 kg/m², e a variação de 69,29 kg/m² a 4,76 kg/m² são valores próximos a pesquisas já existentes.

Ao classificarmos os resíduos conforme a Resolução nº 307 do CONAMA (BRASIL, 2002), verifica-se que 63% dos resíduos coletados são classificados como Classe A e 37% como Classe B. Estes dados são importantes para servir de apoio à criação de programas de gerenciamento desse tipo de resíduo, visto que estes materiais podem ser reciclados ou reutilizados para outras destinações.

Além disso, nota-se que os resíduos da construção podem ser reduzidos significativamente a partir de medidas simples, como a capacitação dos profissionais da construção civil e a elaboração de projetos padronizados, uso de novas tecnologias e o respeito às metodologias executivas abordadas em bibliografias. Essa redução impacta positivamente nas questões ambientais como também reduz os custos das edificações, contribuindo com as questões econômicas ligadas ao setor indústria civil.

Pode-se dizer que o método utilizado para o levantamento dos dados foi eficiente, uma vez que a coleta de dados foi realizada de forma direta com visitas *in loco* e os materiais tiveram a sua densidade respeitada.

Ao final desse trabalho, devido ao curto prazo de realização dessa pesquisa e à grande variância entre amostras, recomenda-se que essas quantificações e análises continuem sendo estudadas para uma melhor precisão nos dados.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Artemária Coêlho *et al.* Estimativa da qualidade de entulho produzido em obras de construção de edifícios. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Anais** [...]. São Paulo: IBRACON, 2001.

ÂNGULO, Sérgio Cirelli; JOHN, Vanderley Moacyr. Requisitos para a execução de aterros de resíduos de construção e demolição. **Boletim Técnico**, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2006. Disponível em: http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00436.pdf. Acesso em: 29 mar. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos no Brasil**. São Paulo, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190 - Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, nº 136, 17 jun. 2002. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 21 jun. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 348, de 16 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, nº 158, 17 ago. 2004. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449>. Acesso em: 2 abr. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 431, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, nº 99, 25 maio 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>. Acesso em: 29 mar. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 469, de 29 de julho de 2015. Altera art. 3º da Resolução CONAMA nº 307/2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, nº 144, 30 jul. 2015. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=714>. Acesso em: 3 abr. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 21 jun. 2019.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **CMA/CBIC participa de audiência pública sobre gestão de resíduos da construção civil**. Brasília, DF: Agência CBIC, 2018. Disponível em: <https://cbic.org.br/cma-cbic-participa-de-audiencia-publica-sobre-gestao-de-residuos-da-construcao-civil/>. Acesso em: 17 jun. 2019.

CARELI, Elcio (colaborador), AECweb/e-Constumarket. **Resíduos da Construção Civil devem ter destinação e gestão adequada**, 2014. Disponível em: <http://www.obralimpa.com.br/index.php/residuos-da-construcao-civil-devem-ter-destinacao-e-gestao-adequada/>. Acesso em: 2 mar. 2019.

COSTA, Ricardo Vasconcelos Gomes da; ATHAYDE JUNIOR, Gilson Barbosa; OLIVEIRA, Mariana Moreira de. Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 127-137, jan./mar. 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5463>. Acesso em: 14 mar. 2019.

GERDAU. **Vergalhão**. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www2.gerdau.com.br/produtos/vergalhao-gerdau>. Acesso em: 08 de abr. de 2019.

IBGE. **Panorama das cidades**. Rio de Janeiro, 2018.

MARQUES NETO, José da Costa; SCHALCH, Valdir. **Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição**: Estudo da Situação no Município de São Carlos-SP. Universidade Federal de São Carlos, n. 36, 2010. Disponível em: <http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n36/Pag.41-50.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2019.

NOTARO, Krystal de Ancantara; SILVA, Rodrigo Cordeio da. RCC – Resíduos da Construção Civil: Caracterização de sua Gestão Integrada. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, São Paulo, v. 03, n. 16, p. 157-171, 2015. Disponível em: https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/viewFile/1162/1185. Acesso em: 30 mar. 2019.

OLIVEIRA, Daniele Meneghetti. **Desenvolvimento de Ferramenta Para Apoio à Gestão de Resíduos de Construção e Demolição Com Uso de Geoprocessamento**: caso Bauru, SP. 2008. 121 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia – Área de Concentração: Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, USP, São Paulo, 1999.

PRODETEC. **Pesos específicos de materiais**. São Paulo, 20--?. Disponível em: <http://www.prodetc.com.br/downloads.php>. Acesso em: 5 maio 2019.

SOUZA, Viviane Borges de. **Avaliação da Geração de Entulho em Conjunto Habitacional Popular – Estudo de Caso**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2005.