



## IMPACTO DO PROJETO DE ALVENARIA NA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO<sup>1</sup>

**SANTOS, Denise Ribeiro**

Universidade de Pernambuco, drs\_pec@poli.br

**BEZERRA, Jonas Silva**

Universidade de Pernambuco, jsb\_pec@poli.br

**SILVA, Daiany Santos**

Universidade de Pernambuco, dss\_pec@poli.br

**LORDSLEEM JR., Alberto Casado**

Universidade de Pernambuco, acasado@poli.br

**MELHADO, Silvio Burrattino**

Universidade de São Paulo, Silvio.melhado@usp.br

### RESUMO

Este trabalho objetiva avaliar o impacto relativo do projeto para produção da alvenaria de vedação na redução do total de resíduos gerados em canteiro de obras. Isto se deu a partir de levantamento bibliográfico a respeito do tema em questão, seguido da análise da relação do projeto de alvenaria com a geração dos Resíduos de Construção Civil (RCC), nas etapas de estrutura e acabamento, em 8 (oito) obras localizadas na cidade de Recife/ PE. O total de resíduo gerado pelas quatro obras da construtora 1, caracterizadas por apresentarem projeto de alvenaria, foi 1.364 toneladas, já as quatro obras da construtora 2 totalizaram 4.842 toneladas, implicando num custo de destinação de R\$ 47.740 e R\$ 169.470, respectivamente. Conclui-se que o projeto para produção de alvenaria é uma ferramenta capaz de contribuir na redução do RCC gerado numa obra, quando utilizado de forma eficiente, devido às vantagens técnicas, econômicas e ambientais apresentadas.

**Palavras-chave:** Projeto para produção, Alvenaria, Resíduos de Construção civil

### ABSTRACT

*This research aims to consider the influence of the masonry design for production on the reduction of waste from construction. This occurred at first with the literature review about the subject in question, continuing to the analysis about the relationship between the masonry design for production and waste Civil Construction (WCC), created into steps of structure and finishing in 8 (eight) constructions from Recife/PE city. The total waste generated from four buildings of the construction company 1, characterized to show masonry design, was 1.364 Tons, while the four buildings of the construction company 2 totaled 4.842 Tons, involving in costs of destination of RS 47.740 and R\$ 169.470, respectively. It is concluded that the masonry design for production is*

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no IV SBQP 2015. Universidade Federal de Viçosa.

able to contribute to the reduction of (RCC) from the construction, when it is used efficiently, due to the technical, economic and environmental advantages presented.

**Keywords:** Design for production, Masonry, Waste Civil Construction.

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil provoca impactos ambientais, por ser um grande consumidor de recursos naturais e por contribuir com a geração de resíduos sólidos de construção civil (RCC). A preocupação com desperdícios de materiais, custos, prazos e o meio ambiente tem ganhado espaço no modelo de gestão das construtoras que buscam a manutenção de posição competitiva e a sustentabilidade das construções. Nas duas últimas décadas, a indústria da construção civil atentou para significativas mudanças de postura no que se refere a sua relação com o meio ambiente, impulsionando a busca de novos conceitos e soluções técnicas que visem à sustentabilidade de suas atividades (RODRIGUES, 2008).

Conforme disposto na Resolução CONAMA nº 307 de 2002, tem-se como definição de RCC- Resíduo da construção Civil:

*"Resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e 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".*

Mediante definição indicada, resíduos de tijolos e blocos cerâmicos podem ser enquadrado no grupo dos resíduos da construção civil. Como prescrito na NBR 15270-1, (2005, p. 1) blocos são elementos utilizados na execução da alvenaria de vedação e devem apresentar as especificações técnicas sugeridas pela referida norma.

Segundo Figueiró (2009), a alvenaria é considerada como uma etapa da construção responsável pelos maiores índices de desperdício de materiais de uma obra. Isso denota a importância da adoção de medidas eficientes capazes de controlar e reduzir estes desperdícios.

Souza (2005) trás uma definição clara e objetiva para perdas, que é quando se utiliza uma quantidade de material maior que a necessária. No caso da alvenaria em blocos cerâmicos, têm-se perdas quando se utiliza uma quantidade de blocos superior à necessária, e quando são evitáveis são denominadas de desperdício.

Araújo, Estevão e Meira (2012), em seu estudo de caso, quantificaram os resíduos de argamassa, blocos cerâmicos, blocos de concreto e madeira gerados por uma empresa construtora instalada na cidade de João Pessoa/PB num período de 33 dias, e concluíram que os blocos cerâmicos e de concreto representaram cerca de 0,56% do resíduo total gerado em Kg.

Fraga (2006) em sua pesquisa buscou analisar as perdas de materiais em processos construtivos e verificou que os blocos e tijolos são responsáveis por cerca de 13% do total de perdas. O mesmo ainda ressalta que o controle sobre essas variáveis é difícil, pois as características de uma obra nunca são iguais as de outra e única convergência entre elas é a fase de planejamento e projeto.

Pinho (2013), em sua pesquisa desenvolvida em conjunto com a Comunidade da Construção do Recife/PE, a partir do Programa de Indicadores de Desempenho - PROGRIDE, relata que as perdas de blocos cerâmicos variaram de 0,83% a 15 %, tomando como referência 8 (oito) obras de edifício num período de 3 meses de coleta de dados.

Pinho (2013) ainda ressalta que o maior percentual de perdas obtido foi de uma obra cujo elemento utilizado era o tijolo cerâmico, devido à necessidade de realizar a quebra do componente inteiro para atendimento a amarração das paredes e trinchos, contribuindo para a geração do resíduo.

Pinho e Lordsleem Jr. (2009) realizaram um estudo de caso em 04 obras localizadas na cidade do Recife/PE, dentre as quais duas apresentavam projeto para produção de alvenaria, e avaliaram as perdas de blocos e argamassa e os custos envolvidos. Constataram perdas médias de tijolos de até 17%. Em relação aos custos, as perdas de blocos/tijolos implicaram em valores de até R\$ 6.587,63.

O Projeto Para Produção em alvenaria deve prever a tipologia do elemento constituinte do vedado, que geralmente são blocos cerâmicos ou de concreto, especificando a família do componente e compensadores de modo a evitar sua quebra.

Fraga (2006) enfoca que o projeto para produção de alvenaria é um elemento efetivo para a compatibilização e integração entre os demais projetos e suas atividades de produção, por favorecer a troca freqüente e continuada de informações entre os intervenientes do processo de concepção.

Quanto à utilização do referido projeto, Silva (2003) destaca alguns benefícios, tais como a indução da racionalização dos demais serviços subseqüentes, o aprimoramento da capacidade produtiva e a qualificação da mão-de-obra utilizada.

Diante desse cenário, o presente artigo objetiva mostrar o impacto do projeto para produção de alvenaria de vedação na geração de resíduos de construção civil em canteiros de obras. Nesse sentido, apresenta-se uma análise do total de RCC gerado junto a 8 (oito) empreendimentos localizados na região metropolitana do Recife –Pernambuco, a partir de 2 (duas) empresas construtoras, das quais em apenas 4 obras foram desenvolvidos os projetos para produção de alvenaria.

Vale salientar que os dados e resultados apresentados neste artigo devem ser considerados a partir de uma perspectiva que não leva em conta a análise gravimétrica dos resíduos nas obras estudadas. De posse de um ensaio gravimétrico, seria possível compreender o percentual isolado dos resíduos de alvenaria gerados no período considerado.

## **2 MÉTODO**

A pesquisa consistiu inicialmente no levantamento bibliográfico a respeito do tema em questão, de modo a identificar autores que explanaram a aplicação dos projetos para produção de alvenaria e a geração dos resíduos nas construções.

A segunda etapa foi a busca por 2 (duas) empresas construtoras, de modo que uma adota e segue o projeto para produção de alvenaria. Vale salientar que os critérios para a escolha dessas construtoras foram similaridade

entre elas, a saber: possuir certificação ISO 9001; apresentar o mesmo ramo de atuação (Edifícios residenciais) e o fato de ter representação no mercado, visto que são características determinantes quanto ao grau de implementação do gerenciamento dos resíduos sólidos.

A partir da seleção das duas construtoras, denominadas 1 e 2, foram identificados 8 empreendimentos residenciais. Os empreendimentos pertencentes à construtora 1 apresentaram projeto para produção de alvenaria e tomaram a identificação de 1A, 1B, 1C e 1D. Já os empreendimentos da construtora 2, caracterizados por executarem alvenaria tradicional, foram nomeados como 2A, 2B, 2C e 2D, conforme podem ser observados no Quadro 1, referente ao período de coleta de dados de resíduo por obra.

**Quadro 1 – Período de coleta de dados de resíduos por obra**

Construtora	Obra	Período Coletado	Total de Meses	Estágio da Obra
1	1A <sup>a</sup>	Jul/2012 à Out/2013	16	Encerrada
	1B	Out/2012 à Mai/2014	19	Encerrada
	1C	Ago/2013 à Jun/2014	11	Acabamento
	1D	Set/2012 à Jun/2014	22	Acabamento
2	2A <sup>a</sup>	Jan/2010 à Mai/2011	17	Encerrada
	2B	Ago/2010 à Set/2012	14	
	2C	Jul/2010 à Dez/2013	30	
	2D	Jun/2010 à Nov/2012	18	

Foram levantadas também informações referentes ao número de pavimentos e a área construída para cada empreendimento considerado na pesquisa, deixando em evidência quais são os que apresentam o projeto para produção de alvenaria, como mostra o Quadro 2.

**Quadro 2 – Especificação das Obras**

Construtora	Obra	Nº de Pavimentos	Área Construída	Situação quanto aos *PPA's
1	1A <sup>a</sup>	24	6127	Apresentam PPA
	1B	15	6031	
	1C	30	13706	
	1D	25	9460	
2	2A <sup>a</sup>	17	7058	Não apresentam PPA
	2B	22	6225	
	2C	31	14062	
	2D	21	3738	

\*Projeto para produção de alvenaria

Na seqüência, através do setor de qualidade das 2 construtoras, foram coletados a quantidade, em toneladas, do resíduo gerado por cada obra considerada no estudo, uma vez que as construtoras tinham o histórico do controle do volume de resíduos gerados.

As 8 obras estudadas acomodavam os resíduos classe A gerados em caçambas ou baias dentro do canteiro, com o intuito de serem encaminhados para uma unidade de beneficiamento. Sempre que a empresa construtora envia material para unidade de tratamento é emitido um documento que contém o peso do volume recebido. Através desse documento gerado as 2 empresas construtoras tomadas no estudo faziam, mensalmente, o registro do volume de resíduo gerado, uma vez que o peso é a unidade de medida utilizada tanto na cobrança pelo transporte quanto para controle estatístico de produção e estoque.

A coleta foi restrita aos períodos em que as obras estavam entre as etapas de estrutura e acabamento, já que as obras não disponibilizam especificações maiores. Com isso, foram feitas análises referentes aos volumes gerados individuais (por obra) e totais (por construtora).

Também foi feita uma análise financeira através dos custos com a destinação do resíduo para uma usina de beneficiamento, localizada na região metropolitana do Recife, cujo preço para o serviço de transporte do material é na ordem de R\$ 35,00 por tonelada, para resíduos classe A. Neste caso, a expressão adotada para o cálculo do custo do transporte do resíduo foi a seguinte:

$$Custo = Quant. \times 35 \quad (1)$$

Onde:

*Custo* = preço total para o transporte do resíduo (R\$)

*Quant.* = Quantidade do resíduo analisado por obra (tonelada)

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rodrigues (2013), em seu trabalho sobre ganhos na construção civil mediante a adoção da alvenaria com blocos cerâmicos modulares, explica que o projeto de alvenaria racionalizada busca a redução do desperdício de materiais, ao evitar quebras, rasgos e remendos, contribuindo assim para a diminuindo a geração de RCC no canteiro de obras.

Um grande fator de desperdício neste processo é a quebra ou execução de rasgos de parte da alvenaria para a passagem das instalações (figura 1). A falta do PPA ou equívocos na execução podem acarretar, além da geração de RCC, custos elevados que normalmente podem ser repassados para os clientes nos preços das edificações.

Os resultados apresentados a seguir foram obtidos com base numa perspectiva que não leva em conta a análise gravimétrica dos resíduos, e sim com base no volume total de RCC para cada obra, produzidos durante os períodos citados anteriormente.

**Figura 1 - Exemplos de geração de RCC na fase de execução de alvenaria**



Fonte: Rodrigues (2013)

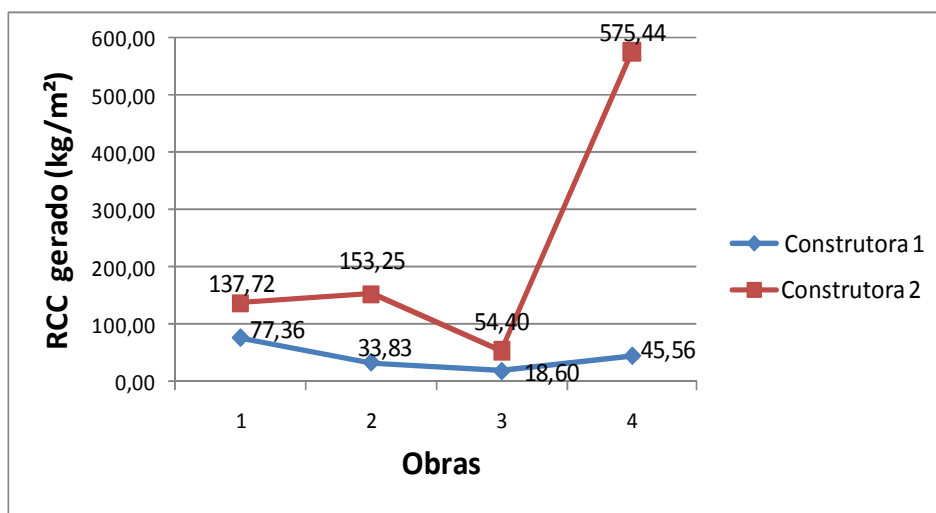
O Quadro 3 apresenta os dados de área construída e resíduo total gerado (em quilogramas) dos oito empreendimentos considerados no estudo, frente as duas empresas construtoras abordadas. No mesmo quadro está disposta a razão entre a quantidade de resíduo gerado e respectiva área construída, de modo que a análise comparativa do total de resíduo gerado por cada construtora não fique restrito apenas aos valores absolutos encontrados, e sim faça referência às áreas executadas.

**Quadro 3 – Geração de resíduos por obra**

Construtora	Obra	Área Construída (m <sup>2</sup> )	Resíduo gerado (Kg)	Razão entre resíduo e área construída (Kg/m <sup>2</sup> )
1	1A <sup>a</sup>	6127	474.000	77,36
	1B	6031	204.000	33,83
	1C	13706	255.000	18,60
	1D	9460	431.000	45,56
2	2A <sup>a</sup>	7058	972.000	137,72
	2B	6225	954.000	153,25
	2C	14062	765.000	54,40
	2D	3738	2.151.000	575,44

De forma gráfica, a Figura 2 indica os valores da razão entre resíduo e área construída de cada obra, conforme disposição no Quadro 3, onde foi verificado que todas as obras pertencentes à construtora 2 apresentaram valores de RCC maiores que as da construtora 1. Uma possível explicação para essa ocorrência está no fato de que a construtora 2 realizou a execução da alvenaria de modo tradicional, não adotando o devido projeto para produção de alvenaria, uma vez que a alvenaria tradicional é caracterizada por apresentar elevados desperdícios de blocos e materiais, contribuindo na geração de RCC.

**Figura 2 – Geração de Resíduos por obra**



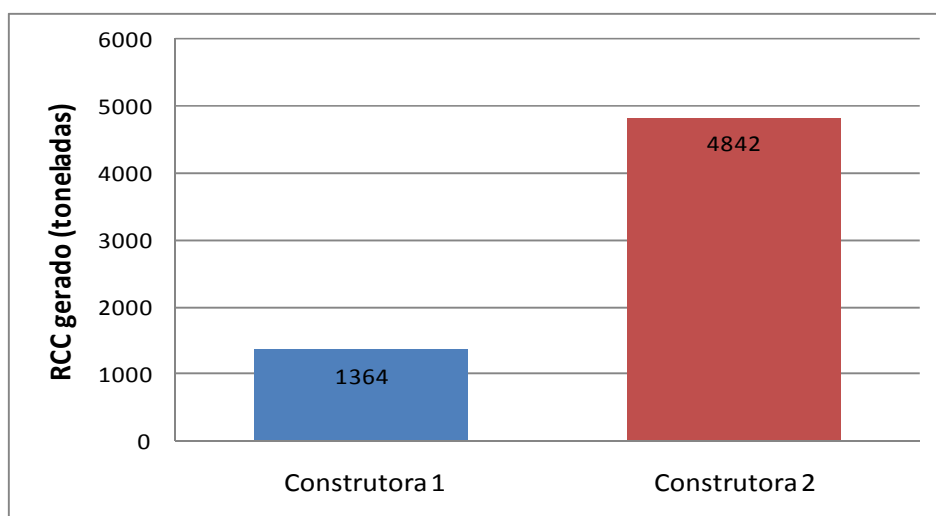
Fonte: os autores (2015)

Conforme pode ser observado na figura 2, a obra 2D foi a que mostrou um valor bastante expressivo (acima de 500 kg/m<sup>2</sup>), no entanto, as demais obras da construtora 2 (2A, 2B e 2C) também tiveram uma geração considerável, podendo isso ser um forte indício da falta de controle dos serviços referente à execução da alvenaria provindos da ausência dos devidos projetos.

Quando às obras da construtora 1, que apresentaram projetos de alvenaria, todos os valores de RCC foram inferiores a 100 kg/m<sup>2</sup>. Uma possível justificativa para essa ocorrência é o fato do PPA, além de especificar todos os materiais necessários para a execução do serviço, indicar o posicionamento dos elementos como blocos, vergas, contravergas, caixas de passagens para instalações, eletrodutos, juntas de argamassas e dimensões das aberturas para instalação das esquadrias, no intuito de reduzir as quebras e rasgos na alvenaria.

A partir dos volumes expressos da geração de resíduos por obra (Quadro 3), foi possível obter a geração total de cada construtora, conforme apresentado na Figura 3, onde pode ser observado uma diferença exorbitante entre elas.

**Figura 3 – Geração de Resíduos por Construtora**



Fonte: os autores (2015)

Sob o ponto de vista financeiro, levando em consideração o custo para destinação e transporte de RCC, as duas construtoras tiveram valores significativos, porém foi notório as despesas da construtora 2 diante da 1. O Quadro 4 mostra as quantidades, em toneladas, de RCC registrado em cada obra e o respectivo custo para mobilização do material, considerando o preço de R\$35,00 por tonelada transportada.

**Quadro 4 – Custo da destinação do Resíduo Gerado**

Construtora	Obra	RCC Gerado (ton.)	Custo da Destinação
1	1A <sup>a</sup>	474	R\$ 16.590,00
	1B	204	R\$ 7.140,00
	1C	255	R\$ 8.925,00
	1D	431	R\$ 15.085,00
	TOTAL		<b>R\$ 47.740,00</b>
2	2A <sup>a</sup>	972	R\$ 34.020,00
	2B	954	R\$ 33.390,00
	2C	765	R\$ 26.775,00
	2D	2151	R\$ 75.285,00
	TOTAL		<b>R\$ 169.470,00</b>

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do artigo foi mostrar a influência do projeto para produção de alvenaria na redução dos resíduos de construção gerados em canteiro de obras. Com base nos resultados explanados, percebe-se uma forte discrepância no que diz respeito à geração de RCC nas obras analisadas. Isso se deve ao fato da construtora 1 adotar um projeto de alvenaria capaz de organizar as ações de execução do serviço.

Os valores de resíduos e custos gerados pela construtora 2 se mostraram superiores aos da construtora 1. Uma possível justificativa para tal situação é a construtora 2 executar a alvenaria de modo tradicional, caracterizada por apresentar elevados desperdícios de materiais e blocos, contribuindo no aumento da geração de RCC.

Para reforçar a importância do projeto de alvenaria na diminuição da geração de RCC é importante analisar os resíduos em um período hábil, fazendo o uso do ensaio de composição gravimétrica, para compreender de forma detalhada o percentual isolado dos resíduos de alvenaria gerados por mês.

O projeto para produção de alvenaria é uma ferramenta capaz de contribuir na redução do RCC gerado numa obra, se utilizado de forma eficiente. Dentre as vantagens observadas com a utilização desse tipo de projeto na execução da alvenaria, destacam-se: a viabilidade técnica, devido às diretrizes de produção preestabelecidas, econômica, pela eficiência do uso dos recursos, incluindo a diminuição do custo de mobilização do resíduo e ambiental, pela diminuição do montante de resíduo gerado.

## REFERÊNCIAS

- ARAUJO, N. M. C., ESTEVÃO, R., MEIRA, A. R. Análise quantitativa dos resíduos da construção civil: um estudo de caso. In: VII CONNEPI. **Anais...** Palmas, 2012
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-15270: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.
- 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, 2002.
- FIGUEIRÓ, W. O. **Racionalização do processo produtivo de edifícios em alvenaria estrutural.** 2009. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- FRAGA, M. F. **Panorama da Geração de Resíduos da Construção Civil em Belo Horizonte: Medidas de Minimização com Base em Projeto e Planejamento de Obras.** 2006. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo horizonte,.
- PINHO, S.A.C. **Desenvolvimento de programa de indicadores de desempenho para tecnologias construtivas à base de cimento: perdas, consumo e produtividade.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade de Pernambuco, Recife.
- PINHO, S. A. C., LORDSLEEM JR., A. C. O custo da perda de blocos/tijolos e argamassa da alvenaria de vedação: estudo de caso na construção civil. In: XVI Congresso Brasileiro de Custos, **Anais...** Fortaleza, 2009.
- RODRIGUES, M.L.A **Adição de Resíduos de argamassas mistas na produção de tijolos modulares de pólo-cimento.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- RODRIGUES, M. L. **Ganhos na Construção com a Adoção da Alvenaria com Blocos Cerâmicos Modulares.** 2013, 71p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro,
- SILVA, M.M.A. **Diretrizes para o projeto de alvenaria de vedação.** São Paulo, 2003. Dissertação (Mestrado em engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SOUZA, U. E. L. **Como reduzir as perdas nos canteiros.** Manual de Gestão do Consumo de Materiais de Construção Civil. 1. ed. São Paulo: Pini, 2005.