

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS Uni-ANHANGUERA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**VIABILIDADE ECONÔMICA DO REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUO
DE ARGAMASSA COMO AGREGADO MIÚDO NA PRODUÇÃO DE
CONCRETO**

ANAYLE TEIXEIRA ALVES SILVA
MARINA DE SOUZA ARAÚJO

GOIÂNIA

Maio/2018

**ANAYLE TEIXEIRA ALVES SILVA
MARINA DE SOUZA ARAÚJO**

**VIABILIDADE ECONÔMICA DO REAPROVEITAMENTO DE
RESÍDUO DE ARGAMASSA COMO AGREGADO MIÚDO NA
PRODUÇÃO DE CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro
Universitário de Goiás – Uni ANHANGUERA, sob orientação
da professora MSc. Paula Viana Queiroz Andrade, como
requisito parcial para obtenção do título de bacharelado em
Engenharia Civil.

GOIÂNIA
Maio/2018

RESUMO

A construção civil, por meio de sua importante participação na economia brasileira, é responsável pela maior extração de recursos naturais, gerando uma grande quantidade de resíduos durante o processo construtivo. São diversas as razões para esse alto índice. Diante disso é proposto o uso de materiais alternativos na produção de argamassas e concretos, opção que vem ganhando mais espaço nas últimas décadas visto que se apresenta como uma das formas de minimizar os impactos causados pela construção civil. Esta pesquisa apresenta a viabilidade econômica da utilização de resíduos de argamassa na substituição de material natural para produção de concreto a ser utilizado na construção civil. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é analisar a viabilidade econômica da reutilização de resíduos de argamassa como agregado miúdo do concreto. O estudo foi desenvolvido através da análise comparativa entre o uso do agregado natural e o agregado reciclado. Os dados necessários para este estudo foram obtidos por meio de pesquisa bibliográfica e estudo de caso. Através dos estudos realizados concluiu-se que a utilização dos resíduos é viável, uma vez que, possibilita a redução dos custos em relação à aquisição de material natural, transporte e disposição final do resíduo.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de Construção e Demolição. Reaproveitamento de Argamassa. Viabilidade Econômica.

1. INTRODUÇÃO

O consumo de recursos naturais e de energia tem crescido proporcionalmente ao crescimento e desenvolvimento da população mundial. Por isso, atualmente um fator de preocupação no que diz respeito ao meio ambiente, trata-se do excessivo ou ineficiente consumo dos recursos naturais. Logo, no que diz respeito à construção civil, embora proporcione um significativo desenvolvimento na economia do país, esta é uma área do setor produtivo em que há grande consumo dos recursos naturais. (JOHN, 2000)

Em 2013, a Fundação Dom Cabral divulgou um relatório sobre a gestão da sustentabilidade na construção civil que mostrou que 75% de todos os recursos naturais e 44% da energia produzida no Brasil são consumidos pela construção civil. Além disso, o mesmo estima que de 35% a 40% de todos os resíduos gerados nas atividades humanas no Brasil advém deste setor, chegando a 500 quilos de RCD gerados por habitante anualmente. (CALCADO, 2015)

Outro fator de relevância é a geração de resíduos devido a desperdícios e à demolição após o uso, e nesse contexto a quantidade de resíduos produzidos e despejados na natureza está chegando cada vez mais a valores preocupantes. (FERNANDES, 2014)

Os resíduos da construção civil estão gerando graves problemas mundiais, tornando inevitável a intensificação dos estudos para a destinação/reutilização desses materiais, tornando cada vez mais ampla sua utilização na composição de novos produtos a serem usados nas obras, com menor custo e boa qualidade. Na tentativa de redução do impacto causado ao ambiente pelas atividades humanas, muitos segmentos da sociedade têm buscado repensar suas estratégias de produção. A partir disso, uma das aplicações para o resíduo gerado pela construção civil é como agregado alternativo, em substituição ao natural, para a produção de concretos. (BASTOS FILHO, 2005)

No que diz respeito a reciclagem de resíduos, segundo CALCADO (2015), cerca de 70% do RCD (Resíduo de Construção e Demolição) gerado no Brasil encontra-se na Classe A que, de acordo com a resolução nº 307 do CONAMA, é formada pelos resíduos cuja reciclagem é obrigatória.

Sabe-se que a argamassa representa uma parte significativa do resíduo gerado na construção civil, a qual pertence ao grupo classificado como resíduos cinza. Portanto, a utilização de resíduos de argamassa na composição do concreto, pode ser uma solução economicamente viável. (BOURSCHEID, 2010)

Assim, o objetivo desse trabalho é analisar a viabilidade econômica da reutilização de resíduos de argamassa como agregado miúdo do concreto, comparar o custo do concreto produzido com agregado miúdo natural com o agregado miúdo reciclado e verificar financeiramente o que representa o desperdício de argamassa e a destinação final deste entulho nos custos finais da obra.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material

2.1.1. Argamassa de revestimento

Para a presente pesquisa houve um cuidado com a seleção das argamassas, selecionando-as garantindo que não haja cal em sua composição, visto que, caso exista cal virgem ou cal livre, em meio aquoso, aumentará sua estrutura cristalina devido a hidratação do aglomerante, gerando assim tensões internas o que poderá acarretar em fissurações excessivas no concreto.

2.1.1.1. Argamassa Industrializada

A argamassa selecionada foi a 2101 Matrix Revestimento Interno da empresa Votorantim (Figuras 1 e 2). O produto trata-se de uma mistura homogênea de cimento Portland, agregados minerais com granulometria controlada e aditivos químicos.



Figura 1- Argamassa 2101 Matrix Revestimento Interno comercializada em sacos de 50 Kg.
Fonte: MAPA DA OBRA (2013)



Figura 2 - Argamassa 2101 Matrix Revestimento Interno comercializada em Silos.
Fonte: MAPA DA OBRA (2013)

2.2. Metodologia

O estudo de caso foi realizado em Goiânia – GO, na obra de um edifício residencial composto por 33 pavimentos, totalizando 132 unidades habitacionais.

O objeto de estudo, *in loco*, visou reduzir custos, diminuindo a quantidade do entulho gerado durante o processo executivo de aplicação das argamassas, e economizando no agregado miúdo substituindo-o na produção de um novo traço. Desta forma foi realizada uma análise econômica quantificando o resíduo gerado na execução do concreto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Coleta de resíduos de argamassa

Para se determinar o volume de argamassa para reboco, foram medidas (Figura 3) todas as taliscas dos ambientes: Sala, Cozinha; Suítes 1, 2 e 3.



Figura 3 - Medição das taliscas por ambiente.

Fonte: Autores (2017)

Os resultados obtidos foram compilados na Tabela 1. Para cada ambiente foi calculado o volume de argamassa de acordo com a espessura da talisca (T) obtida por parede.

Tabela 1–Medidas das taliscas (em cm) por ambiente.

AMBIENTE	Parede 1				Parede 2				Parede 3				Parede 4			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Sala	2,7	2,2	2,8	2,1	2,5	2,0	2,8	2,3	2,6	2,7	2,3	2,1	1,6	1,6	1,4	1,8
Cozinha	2,2	2,7	2,5	2,2	4,6	4,3	4,1	4,5	2,9	2,7	2,3	1,7	2,5	2,6	2,7	2,0
Suíte 1	2,9	2,9	2,7	2,8	2,6	3,0	2,8	2,5	2,8	2,6	2,5	2,2	2,3	2,8	0,7	3,1
Suíte 2	2,4	2,1	2,4	2,1	2,6	2,8	2,8	2,7	2,8	3,0	2,1	2,4	3,6	2,8	2,7	2,4
Suíte 3	2,4	2,3	2,5	2,8	2,3	2,3	2,6	3,4	2,2	3,0	3,6	2,8	3,4	3,2	2,5	2,5

Fonte: Autores (2017)

O volume de argamassa levantando foi de $5,063 \text{ m}^3$ por apartamento, obtido a partir da média entre as taliscas, Tabela 1, multiplicado pela área das paredes. O volume total de argamassa para toda a edificação foi de $668,316 \text{ m}^3$, considerando apenas as argamassas de reboco interno.

A coleta de resíduos de argamassa foi realizada ao final da execução do serviço, para um apartamento. Para a obtenção desse resultado utilizou-se um carrinho de mão como referência, Figura 4, calculando um volume de perda igual a um (1) carrinho e meio, aproximadamente $0,09 \text{ m}^3$ de argamassa.



Figura 4 - Medição da perda de argamassa por apartamento.

Fonte: Autores (2017)

3.2. Análise Econômica

A coleta de resíduos de argamassa na obra do edifício em estudo apresentou os resultados compilados na Tabela 2. De acordo com CANEDO *et al* (2011), o percentual de argamassa que passa pela peneira 4,75mm e que pode ser aproveitado como agregado miúdo na composição de um novo traço, está em torno de 60% do volume total de resíduos gerados, desconsiderando neste caso a utilização de moinhos ou trituradores de entulho, uma vez que o percentual de aproveitamento pode ser alterado de acordo com as condições de beneficiamento do resíduo.

Tabela 2. Resultado das coletas de reboco

Ambiente	Volume de Reboco Aplicado (m³)	Resíduo de Reboco (m³)	Volume Total de Argamassa Produzido (m³)	Percentual de Perdas (%)
Sala	1,219	0,027	1,246	2,17
Cozinha	0,851	0,010	0,861	1,16
Suíte 1	0,983	0,020	1,003	1,99
Suíte 2	1,014	0,021	1,035	2,03
Suíte 3	0,906	0,012	0,918	1,31
TOTAL	4,973	0,090	5,063	8,66

Fonte: Autores (2018)

Conforme pode se observar na Tabela 2, do volume total de reboco aplicado em um apartamento, 0,09 m³ são resíduos, dos quais 0,054 m³ (60%) podem ser reaproveitados como agregado miúdo. Para destinação dos outros 40% dos resíduos gerados, existe uma expectativa de serem aplicados como agregado graúdo na produção de concreto, porém esta sugestão deve ser melhor estudada em trabalhos futuros, pois não há nenhuma normatização vigente que permita tal utilização.

Os custos para a produção dos traços de concreto 1:2:3 (Cimento:Areia:Brita) com fck 25 MPa está apresentado na Tabela 3, utilizando os preços-base de agosto a dezembro de 2017 dos fornecedores da construtora em estudo.

Tabela 3. Custo para a produção de traços – concreto convencional (fck 25 MPa)

Material	Custo Unitário (R\$)	Consumo	Custo Total (R\$)
Cimento (Kg)	0,42	6,90	2,90
Areia (m³)	40,26	0,62	25,04
Brita (m³)	42,87	0,36	15,60
Custo Total (R\$)			43,54

Fonte: Autores (2018)

A Tabela 4 apresenta os custos para a produção do mesmo traço, considerando uma substituição de 30% do agregado miúdo pelo resíduo (em cada traço de concreto), uma vez que, segundo estudos realizados por CANEDO (2011), mesmo sendo possível reaproveitar 60% do material, quando utilizado essa quantidade, prejudica bastante na resistência do concreto, por isso, foi visto que se a substituição dos agregados convencionais por Resíduo de Construção e Demolição (RCD) for realizada em quantidades entre 20 e 30%, ela se torna mais favorável ao desempenho do concreto.

Tabela 4. Custo para a produção de traços – concreto com resíduo de argamassa (substituindo 30% do agregado miúdo natural)

Material	Custo Unitário (R\$)	Consumo	Custo Total (R\$)
Cimento (Kg)	0,42	6,90	2,90
Areia (m³)	40,26	0,43	17,31
Agregado Miúdo de resíduo (m³)	0,00	0,19	0,00
Brita (m³)	42,87	0,36	15,43
Custo Total (R\$)			35,64

Fonte: Autores (2018)

A partir dos dados apresentados nas Tabelas 3 e 4 observa-se que somente a diminuição da quantidade de areia gera uma economia de 18,14% para cada traço de concreto rodado em obra, apenas com a utilização de resíduo de argamassa como agregado miúdo.

Analizou-se também a economia com retirada e deposição do entulho, gerado apenas com a argamassa residual de revestimento interno. Com base no volume de material que seria descartado durante a execução do revestimento interno, para o volume total de 11,88 m³ de argamassa seria necessário três caçambas de entulho, o que corresponderia a um custo equivalente a R\$ 740,00 (setecentos e quarenta reais). Porém, considerando 7,13 m³ de resíduo aproveitado, restam apenas 40% de resíduo para descarte (4,67 m³) o que equivale a uma caçamba (5 m³) gerando assim um custo de R\$ 240,00 (duzentos e quarenta reais). Logo, o reaproveitamento deste resíduo, referente ao custo da caçamba de 5 m³, ocasionará uma economia total para esta obra de R\$ 500,00 (quinhentos reais), conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Economia com caçambas de entulho.

Economia com caçambas de entulho	
Área total de argamassa (Reboco interno) – m²	33.396,00
Volume total de argamassa (Reboco interno) - m³	668,316
Volume de resíduo (1,77%) – m³	11,88
Custo da caçamba	240,00
Custo total com caçamba (R\$)	740,00
Volume de resíduo reaproveitável – m³ (60%)	7,13
Volume de resíduo perdido – m³ (40%)	4,67
Custo com caçamba para resíduo perdido (R\$)	240,00
Custo economizado com caçamba de entulho (R\$)	500,00

Fonte: Autores (2018)

4. CONCLUSÕES

Ao término deste pode-se concluir que a utilização de material de reuso se torna atrativa para empresas, visto que, gera uma economia significativa no custo final da obra, além de não originar custos adicionais para implantação do sistema.

Outro fator que é de grande importância é a questão ambiental, o reaproveitamento desse material está ligado a sustentabilidade e ainda poderia ser utilizado pelas empresas para seu marketing, sendo um grande diferencial no mercado, pois atualmente o consumidor tem se mostrado mais interessado em empreendimentos que utilizam de políticas ambientalmente corretas.

REFERÊNCIAS

BASTOS FILHO, A. I. R., 2005, **Reciclagem da Parte Mineral do Resíduo de Construção Civil e Demolição como Agregado na Confeção de Concreto de Cimento Portland (CP) de Uso Estrutural: Uma Alternativa ao Uso indiscriminado do seixo rolado no município de Manaus**. Monografia (Pós-graduação) – Faculdade de Tecnologia/ UFAM, Manaus, AM, Brasil.

BOURSCHEID, A. B.; SOUZA, R. L. **Resíduos de construção e demolição como material alternativo**. 1ª edição. Florianópolis, Publicações do IF-SC, 2010.

CANEDO, A. C., BRANDÃO; F. L., PEIXOTO FILHO, F. L., **Reaproveitamento de Resíduo de Construção na Produção de Argamassa de Revestimento**. Escola de Engenharia Civil. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Goiânia, Goiás – GO. Brasil. 2011.

FERNANDES, A. V. B.; AMORIM, J. R. R., **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas** Unit 2, 1. p.79, 2014.

JOHN, V. M.,**Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese (livre docência), Escola Politécnica/ USP, São Paulo, SP, Brasil. 2000.

VIABILIDADE ECONÔMICA DO REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE ARGAMASSA COMO AGREGADO MIÚDO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

SILVA, Anayle Teixeira Alves¹; ARAÚJO, Marina de Souza²; ANDRADE, Paula Viana Queiroz³.

¹Aluna do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA. ²Aluna do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA. ³Professora orientadora MSc. do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA.

A construção civil, por meio de sua importante participação na economia brasileira, é responsável pela maior extração de recursos naturais, gerando uma grande quantidade de resíduos durante o processo construtivo. São diversas as razões para esse alto índice. Diante disso é proposto o uso de materiais alternativos na produção de argamassas e concretos, fato que vem ganhando mais espaço nas últimas décadas visto que se apresenta como uma das formas de minimizar os impactos causados pela construção civil. Esta pesquisa apresenta a viabilidade econômica da utilização de resíduos de argamassa na substituição de material natural para produção de concreto a ser utilizado na construção civil. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é analisar a viabilidade econômica da reutilização de resíduos de argamassa como agregado miúdo do concreto. O estudo foi desenvolvido através da análise comparativa entre o uso do agregado natural e o agregado reciclado. Os dados necessários para este estudo foram obtidos por meio de pesquisa bibliográfica. Através dos estudos realizados concluiu-se que a utilização dos resíduos é viável, uma vez que, possibilita a redução dos custos em relação à aquisição de material natural, transporte e disposição final do resíduo.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de Construção e Demolição. Reaproveitamento de Argamassa. Viabilidade Econômica.