



ARGAMASSA DE CONTRAPISO COM O USO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)

SUBFLOOR MORTAR USING CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE (CDW)

Lerika do Amaral Poll 1; Rennan Fernando Lourenço de Lima 2; Renan Batista Macedo 3;
Mateus de Vasconcelos Braga⁴

Luciana de Nazaré Pinheiro Cordeiro⁵

(1) *Graduanda, Universidade Federal do Pará*

(2) *Graduando, Universidade Federal do Pará*

(3) *Graduando, Universidade Federal do Pará*

(4) *Graduando, Universidade Federal do Pará*

(5) *Professora Dr^a. GPMAC - email: lucianapc@ufpa.br*

Resumo

O objetivo deste trabalho é analisar o efeito de materiais alternativos em argamassas de contrapiso, estes serão utilizados em substituição parcial ao aglomerante e ao agregado natural. O resíduo de construção civil (RCC) é um resíduo gerado em grande quantidade nas obras de construção civil e sua reciclagem e reaproveitamento podem trazer benefícios ambientais e econômicos. A substituição parcial dos agregados convencionais por agregados de RCC pode ser uma alternativa sustentável para a produção de argamassas de contrapiso. Neste trabalho, foram avaliadas as características físico-mecânicas de argamassa de contrapiso com diferentes proporções de substituição de agregados por RCC. Os ensaios realizados foram densidade da argamassa no estado fresco; densidade de massa no estado endurecido; índice de consistência; absorção de água total e por capilaridade; coeficiente de capilaridade; índices de vazios; massa específica e resistência à tração na flexão e à compressão. Os resultados mostram que a substituição parcial ao aglomerante e ao agregado natural por materiais alternativos proporciona um acréscimo na atuação mecânica da argamassa de contrapiso, consolidando a questão sobre a viabilidade técnica do uso do RCC neste tipo de tecnologia.

Palavras-chave: Argamassa de contrapiso, Resíduo de Construção Civil - RCC, sustentabilidade.

Abstract

The objective of this work is to analyze the effect of alternative materials on subfloor mortars, which will be used in partial replacement of binder and natural aggregate. Civil construction waste (RCC) is a waste generated in large quantities in civil construction works and its recycling and reuse can bring environmental and economic benefits. The partial replacement of conventional aggregates by RCC aggregates can be a sustainable alternative for the production of subfloor mortars. In this work, the physical-mechanical characteristics of subfloor mortar with different proportions of replacement of aggregates by RCC were evaluated. The tests carried out were mortar density in the fresh state; mass density in the hardened state; consistency index; total and capillary water absorption; capillarity coefficient; void indexes; specific mass and tensile strength in bending and compression. The results show that the partial replacement of binder and natural aggregate by alternative materials provides an increase in the mechanical performance of the subfloor mortar, consolidating the question about the technical feasibility of using RCC in this type of technology.

Keywords: Subfloor mortar, Construction and Demolition Waste - CDW, Sustainability.

1 Introdução

O setor da construção civil é uma das atividades humanas mais significativas em termos de desenvolvimento urbano e infraestrutura. No entanto, essa indústria também gera uma quantidade substancial de resíduos conhecidos como Resíduos de Construção

Civil (RCC) que na forma de agregado é um material alternativo com ampla pesquisa em concretos, argamassas, bloco etc. JIMÉMEZ et al (2013).

A geração excessiva de RCC e sua má gestão podem causar impactos negativos ao meio ambiente, como a degradação de áreas naturais, contaminação do solo e da água, além de emissões de gases de efeito estufa. Além disso, a falta de um manejo adequado dos resíduos de construção e demolição também resulta em desperdício de recursos naturais e financeiros (MOTHÉ FILHO, et al. 2018).

Assim a utilização do pó de mármore (RCM) como agregado tem se mostrado uma prática promissora e sustentável na indústria da construção civil, ao possui características que o tornam uma opção atrativa para se fazer substituições parciais ou totais de agregados convencionais das quais trazem benefícios, vantagens técnicas e econômicas da incorporação do pó de corte de mármore em argamassas.

Isso pode incluir a melhoria das propriedades mecânicas contribuindo para o aumento da resistência das argamassas, tornando-as mais duráveis e capazes de suportar cargas elevadas; aumento da durabilidade pois ajuda a reduzir a ocorrência de fissuras e trincas, melhorando a sua capacidade de absorver tensões e evitar danos estruturais como também melhoramento na trabalhabilidade das argamassas, tornando-as mais fáceis de serem manipuladas e aplicadas resultando em um acabamento mais uniforme; redução de custos, isso porque com parte da composição da argamassa, é possível reduzir a quantidade de cimento necessária. Isso pode resultar em uma economia de custos, além de contribuir para a sustentabilidade, uma vez que a produção de cimento é uma fonte significativa de emissões de dióxido de carbono (NAKAKURA, BUCHER, 2019)

Quanto a utilização de areia reciclada surge como uma alternativa sustentável e viável para suprir a demanda por areia na produção de argamassas que agrega valores na questão da sustentabilidade ambiental, com a redução da necessidade de extração de areia natural, preservando os recursos naturais e diminuindo os impactos ambientais negativos associados à mineração. Além disso, contribui para a redução do acúmulo de resíduos em aterros sanitários. Têm se ainda a redução de custos, pois sua obtenção ocorre a partir do reaproveitamento de resíduos da construção civil ou de outras indústrias. Estudos têm mostrado que a substituição parcial da areia natural pela areia reciclada não compromete as propriedades físicas e mecânicas da argamassa e a uma utilização adequada, é possível obter argamassas com desempenho semelhante ou até mesmo superior às argamassas convencionais (TUTIKIAN, 2004).

A dosagem adequada para a quantidade de RCC a ser adicionada na argamassa depende de fatores como o tipo de resíduo, a finalidade da argamassa e as propriedades desejadas. É necessário realizar ensaios de dosagem para determinar as proporções adequadas de RCC em relação aos demais componentes, como areia e cimento. Quanto a análise de desempenho a sua utilização na argamassa requer a avaliação do desempenho da mistura com a realização de ensaios para verificar a trabalhabilidade, a resistência, a aderência e outras características importantes referentes a argamassa, e assim analisar seu desempenho e garantir que a utilização do RCC é viável e atende aos requisitos técnicos.

É preciso ainda observar as considerações ambientais no momento da seleção e preparação o RCC. Já que o e preparação do RCC pode variar dependendo das regulamentações locais, dos materiais disponíveis e das exigências específicas de cada projeto. Sendo recomendável consultar normas técnicas e especialistas na área. Entre os vários trabalhos desenvolvidos sobre argamassa de contrapiso no Brasil, uma das dificuldades é o fato de haver uma norma específica tratando sobre aspectos de fabricação e parâmetros de controle e qualidade, o se tem são apenas manuais dos fabricantes.



Sobre esta perspectiva de se reduzir tais resíduos o presente trabalho tem como objetivo verificar o efeito de materiais alternativos (pó de mármore e agregado miúdo reciclado de concreto) em argamassas de contrapiso. A fim de analisar a viabilidade técnica e ambiental de misturas com essas combinações

2 Materiais e métodos

2.1 Materiais

Nesta pesquisa, foi utilizado o cimento CII F (Cimento Portland Composto com Filler) cujo requisitos são estabelecidos através da NBR 16697 (ABNT, 2018) o pó de mármore e granito proveniente de uma marmoraria próxima a Universidade Federal do Pará – UFPA. O agregado miúdo natural é de origem quartzosa, disponível na região metropolitana de Belém e o agregado miúdo reciclado de concreto provém de restos de corpos de provas coletados em um centro de pesquisa e beneficiado utilizando britador de mandíbula e peneirador mecânico. A água utilizada na pesquisa foi a disponível pela rede de abastecimento da Universidade Federal do Pará e o aditivo foi um incorporador de ar. Os ensaios adotados na caracterização dos materiais, bem como os valores encontrados encontram-se na tabela 1.

Tabela 1: Caracterização dos agregados

Material	Propriedade	Método de Ensaio	Valor Característico
Cimento Portland CII F	Massa específica	NBR 16916 (ABNT, 2021)	2,94 g/cm ³
Pó de Mármore	Massa específica	NBR 16916 (ABNT, 2021)	2,56 g/cm ³
Areia Natural	Massa Unitária	NBR 16972 (ABNT, 2021)	1,55 g/cm ³
	Massa específica	NBR 16916 (ABNT, 2021)	2,65 g/cm ³
	Granulometria	NBR 17054 (ABNT, 2022)	1,18 mm
Areia Reciclada	Massa Unitária	NBR 16972 (ABNT, 2021)	1,21 kg/m ³
	Massa específica	NBR 16916 (ABNT, 2021)	2,28 g/cm ³
	Granulometria	NBR 17054 (ABNT, 2022)	2,36 mm

2.2 Métodos

Para a produção das argamassas de contrapiso analisou-se três tipos de argamassas de contrapiso fixando o traço em 1:4 (cimento:areia) em massa. A primeira família foi a da argamassa de referência onde trabalhou-se com cimento Portland CII F, agregado miúdo natural, a água potável e o aditivo incorporador de ar. A segunda família de argamassa trabalhou-se com cimento Portland CII F, agregado miúdo natural, agregado miúdo reciclado (substituição 25% da areia natural), a água potável e o aditivo incorporador de ar. E na terceira família trabalhou com cimento Portland CII F, pó de mármore (10% de substituição ao cimento), agregado miúdo natural, agregado miúdo reciclado (substituição 25% da areia natural), a água potável e o aditivo incorporador de ar. Na tabela 2 tem-se os traços em massa adotados nesta pesquisa. Ressalta-se que a substituição do agregado natural por agregado reciclado se deu pela compensação de volume, devido a diferença de massa entre os materiais envolvidos.

Tabela 2: Traço das famílias de argamassas

Famílias	Cimento (g)	Pó de Mármore (g)	Areia Natural (g)	Areia Reciclada (g)	Aditivo (ml)	Água (ml)
----------	-------------	-------------------	-------------------	---------------------	--------------	-----------



A _{Ref}	300	0	1200	0	12	200
A _{Rec}	300	0	700	277	12	209
A _{Com}	270	30	700	277	10,8	224

*A_{REF}: traço sem material alternativo; A_{REC}: Traço com areia reciclada e A_{COM}: traço com areia reciclada e pó de mármore.

Na figura 1, tem-se a ordem de mistura adotado em cada família de argamassa. Importante destacar que antes de introduzir a areia reciclada, realizou-se a pré-molhagem dez minutos antes de incorporar o agregado alternativo, conforme recomenda LEITE (2001), e a partir de testes piloto definiu-se como taxa de compensação o valor de 70%.

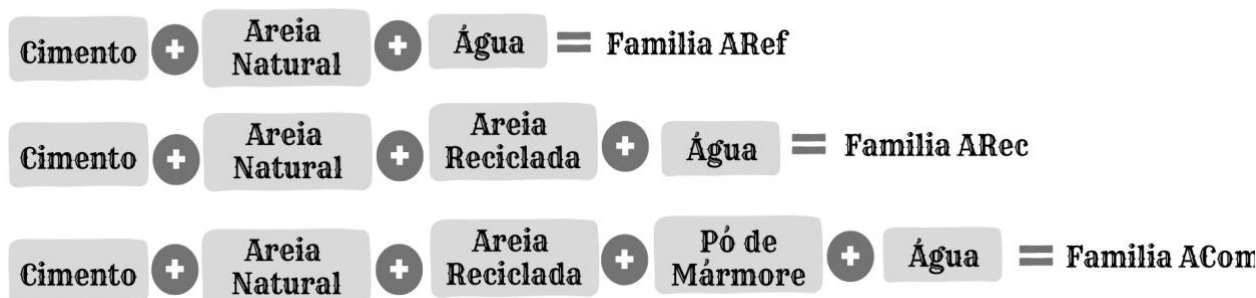


Figura 1: Ordem de mistura das argamassas.

Para a caracterização das argamassas no estado fresco realizou-se os ensaios de densidade de massa no estado fresco conforme a NBR 13278 (ABNT, 2005) e o ensaio de índice de consistência segundo a NBR13276 (ABNT, 2016); Em seguida realizou-se a moldagem dos corpos de provas, sendo por família três cilíndricos (5cm x 10cm) e três prismáticos (4cm x 4cm x 16cm), adotou-se a cura úmida até a idade de ensaio que foi mantida fixa em 28 dias. No estado endurecido realizou-se os ensaios de resistência à compressão e tração na flexão pela NBR 13279 (ABNT, 2005), o de coeficiente de capilaridade pela NBR 15259 (ABNT 2005), densidade de massa no estado endurecido segundo a NBR 13280 (ABNT, 2005).




3 Resultados e discussões

3.1 Efeito do material alternativo na reologia da argamassa

Na tabela 3, tem-se os resultados no estado fresco das argamassas produzidas com materiais alternativos para execução de contrapiso. Note que o uso de material alternativo afetou nas propriedades no estado fresco das argamassas ensaiadas, com isso as argamassas que utilizaram dois tipos de resíduos combinados (areia reciclada de concreto e pó de mármore) necessitaram de uma maior quantidade de água, o que afetou em sua relação água cimento. Justifica-se este comportamento pela natureza física do material reciclado, o pó de mármore que possui uma finura maior do que a do material que está substituindo e o agregado reciclado que apresenta uma maior capacidade de absorção de água que o material natural. Com relação a densidade, as misturas que utilizaram apenas a areia reciclada foram as mais leves, o que era de se esperar devido a diferença de densidade dos materiais envolvidos. Uma argamassa com uma baixa densidade no estado fresco, acaba sofrendo influência em aspectos como: facilidade na aplicação; redução do esforço físico exigido no momento da aplicação; melhor aderência, isso porque estando mais leve tem se um melhor preenchimento dos espaços irregulares e uma menor retração JIMÉMEZ et al (2013). A partir de uma análise visual percebe-se que o

proporcionamento adotado foi satisfatório no quesito coesão, uma vez que se produziu argamassas sem exsudação e/ou segregação.

Tabela 3: Aspectos reológicos das argamassas de contrapiso

Famílias	Consumo de cimento (kg/m ³)	Relação a/c	Teor de Aditivo (%)	Densidade estado fresco (kg/m ³)	Índice de Consistência (mm)	Análise visual
A _{Ref}	400	0,66	4%	1780 kg/m ³	287 mm	
A _{Rec}	392	0,69	4%	1690 kg/m ³	295 mm	
A _{Com}	371	0,82	4%	1800 kg/m ³	265 mm	

*A_{REF}: traço sem material alternativo; A_{REC}: Traço com areia reciclada e A_{COM}: traço com areia reciclada e pó de mármore.

3.2 Efeito do material alternativo no comportamento físico-mecânico de argamassas de contrapiso

Na tabela 4 tem-se os resultados médios dos ensaios realizados no estado endurecido das argamassas de contrapiso.

Tabela 4: Resultados médios dos ensaios no estado endurecido

Famílias	Densidade de massas no estado endurecido (kg/m ³)	Resistência à compressão (MPa)	Tração na Flexão (MPa)	Índice de Vazios (%)	Absorção Total (%)	Coefficiente de Capilaridade g/dm ² .min ^{1/2})
A _{Ref}	1,77	11,66	9,63	26	14,8	4,2
A _{Rec}	1,77	18,35	10,15	24	13,7	4,8
A _{Com}	1,99	22,28	9,23	23	12,4	5,3

Em se tratando de resistência à compressão tem-se que a variação de resistência à compressão das argamassas entre 10 e 20 MPa, valores normalmente encontrados em catálogos técnicos de argamassas industrializadas no Brasil. A adição de material alternativo afetou diretamente na resistência mecânica, promovendo incremento de resistência, tendo os melhores resultados quando se combinou o pó de mármore e o agregado reciclado. Atribui-se este comportamento ao esqueleto granular formado pela combinação entre os materiais que levou a uma estrutura mais densa e resistente, conforme apontam os resultados de índice de vazios e densidade de massa no estado endurecido, com um menor consumo de cimento. Com relação aos ensaios de tração na flexão os valores encontrados ficaram próximos a 10 MPa, superior ao recomendado por Miranda et al 2014. Sobre a capacidade de absorção das argamassas analisadas, tem-se argamassas com capacidade de absorção máxima 15%, valores próximos aos encontrados por HENNEBER (2022), presença de materiais alternativos não promoveu grandes alterações nestes parâmetros.



A falta de ensaios específicos e especificações, até o momento, para este tipo de produto foi uma limitação para a discussão destes resultados. Porém, o intuito desta pesquisa é fomentar justamente discussões sobre um sistema que atualmente é bastante empregado no mercado nacional.

4 Conclusão

Os resultados apontam a viabilidade técnica quanto ao uso de materiais alternativos (pó de mármore e agregado miúdo reciclado de concreto), promovendo valores similares aos de referência. Na combinação de materiais alternativos foi possível reduzir em cerca de 8% o consumo de cimento e 25% o consumo de agregado natural, sem grandes prejuízos para as argamassas. Este fato fundamenta que com o proporcionamento adequado dos materiais é possível confeccionar argamassas de contrapiso.

5 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: Cimento Portland — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16916**: Agregado miúdo — determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16972**: Agregados — Determinação massa unitária e índice de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17054**: Agregados — Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.



BITTENCOURT, T. N. **Estudo experimental do fraturamento do concreto estrutural por meio de corpos de prova cilíndricos**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON. **CEB-FIP Model Code 1990**. London, Thomas Telford, 1993.

CORNELL FRACTURE GROUP. **Franc3D Menu & Dialog Reference**. Cornell University, Ithaca, 1998.

Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29MT.1943-533.0000877>

FERNANDES, C. A., et al.. Reforço de pilares de elevado do metrô de São Paulo, **41° Congresso Brasileiro do Concreto**. São Paulo, IBRACON, 1999.

HENNEBERG, F. A. Desempenho acústico em sistemas construtivos de pisos de edificações com a utilização de materiais alternativos de construção. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/29247/1/desempenhoacusticopisosedificacoes.pdf>

JIMÉNEZ, J. R. et al. Use of fine recycled aggregates from ceramic waste in masonry mortar manufacturing. *Construction and Building Materials*, v. 40, p. 679-690, Mar. 2013.

LEITE, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. 2001 Tese de Doutorado, UFRS.

MIRANDA, L. F. R et al (2014). **Rational Procedure for Composition of Screed Mortar with Recycled Sand at a Construction**.

MOTHÉ FILHO, Heitor Fernandes; POLIVANOV, Helena; MOTHÉ, Cheila Gonçalves. **Reciclagem dos Resíduos Sólidos de Rochas Ornamentais**. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, Rio de Janeiro, v. 2, n. 28, p.139-151, dez. 2005. Semestral.

NAKAKURA, BUCHER. 2019. Estudo da substituição de cimento portland pelo fino de britagem em argamassa autoadensável. *Revista Técnico-Científico do CREA – PR*.

SHAH, S.P.; SWARTZ, S.E.; OUYANG, C. **Fracture mechanics of concrete** -applications of fracture mechanics to concrete, rock and other quasi-brittle materials, New York, John Wiley & Sons, 1995.