

DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id5005>

ARTIGO ORIGINAL

SUBMETIDO 17/10/2020

APROVADO 06/01/2021


PUBLICADO ON-LINE 14/08/2021


PUBLICADO 30/09/2022

EDITORA ASSOCIADA

Nelma Mirian Chagas Araújo Meira

Influência da adição de RCD misto na resistência à compressão e na porosidade de argamassa

 Bruna Caroline Campos Batista ^[1]

 Áquila Blanche Bastos Martins da Silva ^[2]

 Amanda Freitas Noé ^[3]

 Raduan Krause Lopes ^[4]

 André Luis Christoforo ^[5]

 Diego Henrique de Almeida ^{[6]*}

[1] brunacampos607@gmail.com

[2] acquilablanche@gmail.com

[3] amanda.frnoe@gmail.com

[4] raduan.krauser@unir.br

[6] diegoalmeida@unir.br

Departamento de Engenharia Civil,
Universidade Federal de Rondônia
(UNIR), Brasil

[5] christoforoal@yahoo.com.br

Departamento de Engenharia Civil,
Universidade Federal de São Carlos
(UFSCar), Brasil

RESUMO: A construção civil é um dos setores da economia que mais demandam matérias-primas; além disso, diante de cenários de baixa qualidade na execução de obras, ela também é conhecida pela geração dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Diante disso, o objetivo desta pesquisa é estudar a influência da utilização de agregado reciclado misto à base de RCD, em diferentes teores de substituição, em relação ao agregado natural na resistência à compressão e na porosidade de argamassa no estado endurecido. Foram estabelecidas três diferentes formulações: uma de referência sem resíduo; com 50% de substituição do agregado natural e; com 100% de agregado reciclado. Observou-se que as argamassas com teores de resíduos incorporados demandaram maiores quantidades de água que a argamassa de referência para o mesmo nível de consistência. As argamassas apresentaram valores de resistência à compressão que permitem sua utilização para assentamento e revestimento de paredes e tetos, de acordo com a norma NBR 13251/2005. Em relação à porosidade, quanto maior o teor de resíduo, maior a porosidade da argamassa. Conclui-se com esta pesquisa, a viabilidade técnica da utilização de agregados miúdos à base de resíduos da construção e demolição para fabricação de argamassa.

Palavras-chave: argamassa; construção civil; materiais; propriedades mecânicas; resíduos.

Influence of the addition of mixed CDW on the compressive strength and porosity of mortar

ABSTRACT: Civil construction is one of the economic sectors that most demand raw materials, besides, when faced with the low-quality scenarios in the execution of constructions, it is also known for the generation of Construction and Demolition Waste (CDW). Therefore, the aim of this research is to study the influence of the use of mixed recycled aggregate based on CDW in different substitution levels in relation to the natural aggregate in the compressive

*Autor para correspondência.

strength and porosity of the mortar in the hardened state. Three different formulations were established: one of reference without waste; with 50% of replacement of the natural aggregate and; with 100% of recycled aggregate. It was observed that mortars with levels of incorporated wastes required large amount of water than the reference mortar for the same level of consistency. The mortars showed compressive strength values that allow their use for laying and covering walls and ceilings, in according to NBR 13251/2005 standard. Regarding porosity, the higher the waste content, the greater the porosity of the mortar. This research concludes the technical feasibility of using fine aggregates based on construction and demolition wastes for mortar production.

Keywords: *civil construction; materials; mechanical properties; mortar; waste.*

1 Introdução

A construção civil é um dos pilares da economia brasileira, responsável por gerar empregos e por impulsionar a produção dos vários materiais e equipamentos utilizados durante a execução de obras habitacionais e de infraestrutura (CBIC, 2020). Ainda assim, um ponto negativo a ser destacado para esse setor é a quantidade de resíduos gerada durante as etapas de execução de uma obra (BRASIL *et al.*, 2019; CAETANO *et al.*, 2016).

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) apresenta a Resolução nº 307 (CONAMA, 2002) para classificação dos resíduos sólidos da construção civil, com o intuito de facilitar às organizações dessa natureza, no momento da tomada de decisão, a devida destinação dos diversos resíduos gerados. Alguns municípios brasileiros não possuem, entretanto, políticas públicas para gestão e destinação dos resíduos sólidos, o que dificulta as atividades de conscientização ambiental das empresas do setor (ALMEIDA *et al.*, 2019; AZEVEDO *et al.*, 2006; CARVALHO *et al.*, 2018).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 307, os resíduos classificados no estrato A são aqueles que podem ser reutilizáveis ou recicláveis como agregados na construção civil, tais como resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e edificações.

Dentre os produtos utilizados na construção civil, destaca-se a argamassa (BAUER, 2008; ISAIA, 2017a), por permitir várias aplicações em diversas etapas de uma obra, desde revestimentos argamassados até levantamento de alvenaria, fabricada no próprio canteiro de obras, a partir da mistura de cimento, água e agregado miúdo (ISAIA, 2017b).

Nas argamassas também podem ser utilizados aditivos para melhoria de suas propriedades colantes para aplicações em revestimentos em ambientes externos, neste caso conhecidas como argamassas industrializadas (PÓVOAS *et al.*, 2002).

A argamassa é um importante componente da construção civil, pois pode influenciar no desempenho acústico e térmico de vedações (KLIPPEL FILHO *et al.*, 2019; KRÜGER; ZANNIN, 2006) e na qualidade da execução do assentamento em alvenaria com blocos cerâmicos ou de concreto (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

A qualidade da argamassa utilizada em revestimento é influenciada pelas técnicas de aplicação no substrato – manual ou com projeção mecânica (ZANELATTO *et al.*, 2013) –, sendo necessário, neste caso, que a argamassa apresente boa trabalhabilidade para eficiência na aplicação. Além disso, a argamassa empregada em situações de exposição ao intemperismo (CALLISTER JUNIOR, 2014) deve atender, além das solicitações

mecânicas, àquelas provenientes da exposição ao meio ambiente, por exemplo diferentes ciclos térmicos e chuvosos (SENTENA *et al.*, 2018), entre outros mecanismos de degradação (PÓVOAS *et al.*, 2002; SARASWATHY; SONG, 2008).

Dada a vasta aplicação da argamassa em diferentes componentes da construção, são desenvolvidas pesquisas, com o intuito de verificar a possibilidade da aplicação de diferentes resíduos na sua formulação, em substituição aos materiais de construção convencionais (BRASILEIRO; MATOS, 2015; DOSSENA *et al.*, 2019; SANTOS; CABRAL, 2020; SILVA *et al.*, 2020).

Medeiros *et al.* (2019) utilizaram resíduo da mineração de scheelita na formulação de argamassas em substituição à areia natural, encontrando valores para propriedades mecânicas de acordo com padrões para argamassas de revestimento.

Martínez *et al.* (2016) estudaram a aplicação de agregados finos reciclados na fabricação de argamassas para novos produtos para a construção civil e encontraram resultados satisfatórios para o emprego de resíduos.

Casali *et al.* (2018) utilizaram areia de fundição em substituição à areia natural para fabricação de argamassas trabalháveis para revestimento. No estado fresco, a argamassa com areia de fundição demandou mais água em relação à argamassa de referência para alcançar o mesmo índice de consistência e no estado endurecido; menores valores de resistência à compressão foram observados para aquelas argamassas com resíduo incorporado.

O objetivo deste artigo foi verificar a influência do emprego de resíduo de construção civil misto classe A, obtido de uma recicladora do município de Porto Velho, Rondônia (RO), em diferentes teores de substituição do agregado miúdo natural, nas propriedades da argamassa no estado fresco (consistência) e endurecido (resistência à compressão e porosidade).

2 Método da pesquisa

A parte experimental desta pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Materiais de Construção (LabMat) do Departamento de Engenharia Civil (DECIV) do Núcleo de Tecnologia (NT) da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Campus Porto Velho. A análise estatística e dos resultados foi desenvolvida em conjunto com o Departamento de Engenharia Civil (DECIV) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Campus São Carlos.

2.1 Materiais

Nesta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais:

- Cimento Portland CP IV Votorantim;
- Agregado miúdo natural, proveniente de dragagem, adquirido no comércio especializado de Porto Velho (RO);
- Água potável do Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Federal de Rondônia, Campus Porto Velho (RO);
- Resíduo miúdo misto de Construção Civil, adquirido da Processadora de Resíduos Sólidos (PRS), sediada em Porto Velho (RO).

2.2 Métodos

Os métodos para realização da pesquisa foram desenvolvidos no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Federal de Rondônia, Campus Porto Velho (RO), de acordo com os procedimentos normatizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

2.2.1 Caracterização dos agregados miúdos reciclados e naturais

A fim de caracterizar o agregado miúdo natural e o agregado miúdo reciclado misto, foram realizados os ensaios de granulometria, de acordo com a norma NBR NM 248 (ABNT, 2003) “Agregados: Determinação da composição granulométrica”. Também foram realizados os ensaios para estimativa da massa específica dos agregados, de acordo com a NBR 9776 (ABNT, 1987) “Agregados: Determinação de massa específica de agregados miúdos por meio do frasco *Chapman*: Método de Ensaio”.

O agregado reciclado utilizado nesta pesquisa foi um material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de entulho, classificado no estrato A, segundo a Resolução CONAMA nº 307 (CONAMA, 2002). A Figura 1 apresenta o aspecto visual do agregado miúdo reciclado misto.

Figura 1 ►

Agregado miúdo reciclado misto.

Fonte: arquivo dos autores



2.2.2 Formulação das argamassas

Foram preparadas três diferentes formulações de argamassas, em argamassadeira laboratorial. A primeira formulação, a de referência, foi definida pela proporção 1:2:8 (cimento: cal: agregado miúdo convencional). A quantidade de água utilizada na mistura foi a necessária para a massa obter consistência de 250 mm no ensaio de consistência *flow table*, de acordo com a norma NBR 13276 (ABNT, 2016) “Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: Determinação do índice de consistência”.

As demais formulações foram baseadas na referência, com substituição do agregado miúdo natural em 50%, com proporção 1:2:4:4 (cimento: cal: agregado natural: agregado misto) e com 100% com agregado reciclado, com proporção 1:2:0:8 (cimento: cal: agregado natural: agregado misto). O critério para a quantidade de água utilizada nas formulações com agregado reciclado atendeu ao mesmo utilizado para a formulação de referência.

2.2.3 Confeção de corpos de prova

Para verificação das propriedades das argamassas no estado endurecido estudadas nesta pesquisa, foram confeccionados corpos de prova cilíndricos com 10 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro de seção transversal, de acordo com a norma NBR 7215 (ABNT, 2019) “Cimento *Portland*: determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos”. Foram confeccionados 6 corpos de prova por formulação, por tempo de cura (foram considerados três diferentes tempos: 7, 14 e 28 dias), para estimativa da resistência à compressão e da porosidade, totalizando 108 corpos de prova.

2.2.4 Resistência à compressão e porosidade da argamassa no estado endurecido

O ensaio de compressão dos corpos de prova foi realizado em uma máquina universal de ensaios eletrônica EMIC, com capacidade de carga de 100 kN, no Laboratório de Estruturas e Ensaio Mecânicos da Universidade Federal de Rondônia. A resistência à compressão (f_c) de cada um dos corpos de prova foi determinada pela razão entre a máxima força de compressão resistida pelo corpo de prova (F_c) e a área da seção transversal antes do ensaio (A) (Equação 1). Foram medidos os diâmetros de todos os corpos de prova com paquímetro digital.

$$f_c = \frac{F_c}{A} \quad (1)$$

Para estimativa da porosidade dos corpos de prova (Po), após cada um dos tempos de cura propostos nesta pesquisa, cada um deles foi acondicionado em estufa com temperatura de 100 ± 2 °C por 24 horas, para estimativa de sua massa seca (m_s). Após esse procedimento, os corpos de prova foram submergidos em água à temperatura ambiente por 24 horas e novamente pesados para estimativa da massa úmida (m_u). Por último, foi estimada a massa do corpo de prova imerso em água pelo método gravimétrico (m_i). A Porosidade foi calculada pela Equação 2.

$$Po = ([m_u - m_s]/[m_u - m_i]) \quad (2)$$

2.2.5 Análise estatística

Os fatores e os respectivos níveis investigados na determinação dos valores da resistência à compressão (f_c) e da porosidade (Po) das argamassas fabricadas consistiram na incorporação de resíduos da construção e demolição [R] (0%; 50%; 100%) e no período de cura [D] (7; 14; 28 dias), o que resultou em um planejamento fatorial completo, composto por nove tratamentos distintos, como explicitado na Tabela 1.

Tabela 1 ▶
Tratamentos experimentais
delineados.
Fonte: dados da pesquisa

Tratamentos	Teor de resíduos [R] (%)	Dias de cura [D]
1	0	7
2	50	14
3	100	28
4	0	7
5	50	14
6	100	28
7	0	7
8	50	14
9	100	28

A análise de variância (ANOVA), ao nível de 5% de significância, foi utilizada para investigar a influência dos dois fatores considerados isoladamente (R , D) e da interação dos dois fatores ($R \times D$) nos valores da resistência à compressão e da porosidade das argamassas fabricadas.

Pela formulação da ANOVA, p-valor (probabilidade p) maior ou igual ao nível de significância (0,05) implica concluir que o fator ou a interação dos dois fatores não afeta de forma significativa os valores da propriedade avaliada (f_c ou P_o), porém tal fator (ou interação) é significativo em caso contrário (p-valor < 0,05). O gráfico de Pareto foi utilizado na interpretação dos resultados da ANOVA do planejamento.

Os testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e o de comparações múltiplas foram utilizados para verificar a normalidade e a igualdade de variâncias dos resíduos, respectivamente, de maneira a validar o modelo da ANOVA. Pela formulação dos testes, também avaliados ao nível de 5% de significância, p-valor maior ou igual a 0,05 implica serem aceitas a normalidade e a homogeneidade dos resíduos.

Por se tratar de fatores a três níveis, acusada a significância pela ANOVA, o teste de comparações múltiplas de Tukey (ao nível de 5% de significância) foi utilizado para o contraste das médias dos fatores isolados. Do teste de Tukey, A denota o grupo de maior valor médio, B o de segundo maior valor médio e letras iguais implicam tratamentos com médias estatisticamente equivalentes.

Cabe destacar que foram fabricados 6 corpos de prova por tratamentos e por propriedade avaliada, o que resultou em um total de 108 determinações.

3 Resultados da pesquisa

Os valores da massa específica dos agregados miúdos natural e reciclado foram iguais 2,68 e 2,36 g/cm³.

Foi possível observar, no ensaio, na mesa de consistência, que as argamassas com teores de agregado reciclado na sua formulação necessitaram de maior quantidade de água para atingir o mesmo índice de trabalhabilidade quando comparadas com a argamassa de referência, esta apenas com agregado natural.

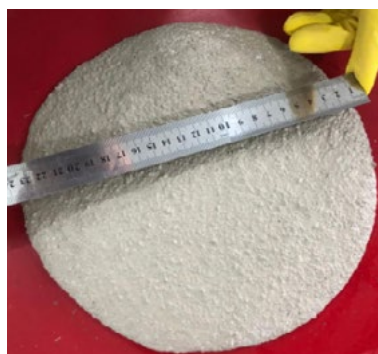
Essa maior quantidade de água necessária para as argamassas com agregado reciclado é relacionada ao fato de o agregado reciclado possuir maior teor de finos, com elevada capacidade de absorção hídrica, resultado próximo ao observado na pesquisa realizada por Pimentel *et al.* (2018), que pesquisaram argamassas com resíduos da construção civil britados.

Assim como apresentado por Calçado (2015), quanto à aparência das argamassas, vale destacar que, após alcançarem o espalhamento de 250 mm, não foram verificadas exsudação e segregação em nenhuma formulação (Figura 2).

Figura 2 ►

Argamassas fabricadas: (a) de referência. (b) com 50% de agregado miúdo reciclado misto. (c) com 50% de agregado miúdo reciclado misto.

Fonte: arquivo dos autores



(a)



(b)



(c)

Na Tabela 2, são apresentados os valores médios (X_m), os coeficientes de variação (CV) e os intervalos de confiança da média ($IC - 95\%$ de confiabilidade) das propriedades investigadas referentes aos nove tratamentos delineados.

Tabela 2 ▶
Resultados da ANOVA
do planejamento fatorial
completo.
Fonte: dados da pesquisa

Tratamentos	f_c (MPa)		
	X_m	CV (%)	IC (95%)
1 (0%; 7d)	4,58	13,62	(3,98; 5,18)
2 (50%; 7d)	3,10	10,77	(2,50; 3,70)
3 (100%; 7d)	2,01	4,68	(1,40; 2,60)
4 (0%; 14d)	4,21	9,71	(3,60; 4,81)
5 (50%; 14d)	5,07	24,62	(4,47; 5,67)
6 (100%; 14d)	4,65	14,62	(4,05; 5,25)
7 (0%; 28d)	8,26	15,03	(7,65; 8,85)
8 (50%; 28d)	6,60	2,89	(5,99; 7,20)
9 (100%; 28d)	5,73	12,77	(5,12; 6,32)
Tratamentos	P_o (%)		
	X_m	CV (%)	IC (95%)
1 (0%; 7d)	26,15	1,45	(25,83; 26,46)
2 (50%; 7d)	35,08	1,23	(34,76; 35,38)
3 (100%; 7d)	41,11	0,36	(40,80; 41,42)
4 (0%; 14d)	28,35	1,58	(28,03; 28,65)
5 (50%; 14d)	33,79	1,23	(33,47; 34,10)
6 (100%; 14d)	41,51	0,59	(41,19; 41,81)
7 (0%; 28d)	27,03	1,32	(26,72; 27,34)
8 (50%; 28d)	34,44	1,62	(34,12; 34,74)
9 (100%; 28d)	40,65	0,68	(40,34; 40,96)

Dos resultados para as propriedades apresentados na Tabela 2, cabe destacar que os do teste de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) para a resistência à compressão e porosidade das argamassas apresentaram p-valores superiores a 5%, validando assim os resultados do intervalo de confiança da média.

Pelos dados da Tabela 2, é possível verificar que, aos 28 dias de cura, as argamassas com agregado reciclado podem ser classificadas, de acordo com a norma NBR 13281 (ABNT, 2005) “Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: Requisitos” no estrato P5, ou seja, argamassa que possui resistência à compressão maior que 5,50 MPa e menor ou igual a 9,00 MPa. A argamassa com agregado natural apresentou valor médio de resistência à compressão aos 28 dias igual a 8,26 MPa, podendo ser classificada nos estratos P5 e P6, de acordo com a norma NBR 13251 (ABNT, 2005).

Assim como determinado por Pimentel *et al.* (2018), quanto maior o teor de agregado reciclado na formulação, menores os valores médios de resistência à compressão do material. Uma possível causa dessa situação está relacionada com a porosidade, pois, como se pode observar na Tabela 2, é possível verificar que a argamassa com 100% de agregado reciclado apresentou o maior valor médio de porosidade e, também, o menor valor de resistência à compressão aos 28 dias.

As Figuras 3 e 4 apresentam os resultados do gráfico de Pareto para análise da influência dos fatores isolados (R – teor de resíduos; D – período de cura) e de suas interações ($A=R \times B=D$) nos valores da resistência à compressão e porosidade das argamassas fabricadas.

Figura 3 ▶

Resultados do gráfico de Pareto para a resistência à compressão.

Fonte: dados da pesquisa

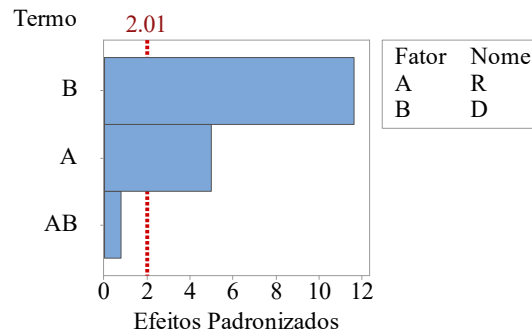
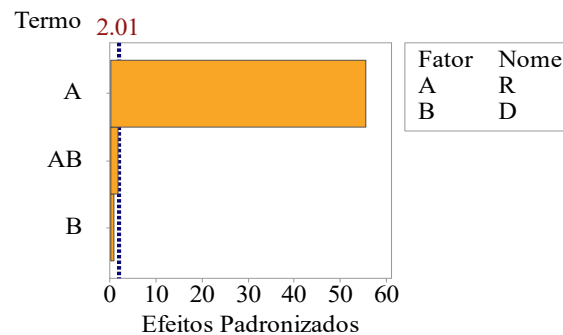


Figura 4 ▶

Resultados do gráfico de Pareto para a porosidade.

Fonte: dados da pesquisa



Os *p*-valores dos testes de normalidade e de igualdade de variâncias dos resíduos da ANOVA foram superiores ao nível de significância adotado (5%), o que valida a discussão dos resultados.

Conforme se vê na Figura 3, ambos os fatores (*R* e *D*) afetaram de forma significativa os valores da resistência à compressão (f_c) das argamassas – o mesmo não ocorreu com a interação desses dois fatores. Para a porosidade (Figura 4), apenas o fator teor de resíduo foi significativo, o que implica constatar que nem o período de cura nem a interação entre os fatores influenciou de forma significativa nos valores da P_o .

Na Tabela 3, são apresentados os resultados do teste de Tukey para as duas propriedades avaliadas (f_c , P_o).

Tabela 3 ▶

Resultados do teste de Tukey para resistência à compressão e porosidade.

Fonte: dados da pesquisa

Propriedades	Teor de resíduos (<i>R</i>) (%)			Dias de cura (<i>D</i>) (dias)		
	0	50	100	7	14	28
f_c (MPa)	5,68 (A)	4,93 (AB)	4,13 (B)	3,23 (C)	4,65 (B)	6,86 (A)
P_o (%)	27,18 (C)	34,43 (B)	41,09 (A)	34,11 (A)	34,55 (A)	34,04 (A)

Segundo os dados da Tabela 3, assim como esperado do gráfico de Pareto da Figura 3a, os dois fatores (*R* e *D*) afetaram de forma significativa os valores da resistência à compressão (f_c) das argamassas. O maior valor médio (5,68 MPa) foi proveniente da não inclusão de resíduos da construção (condição de referência), e o menor (4,13 MPa) foi oriundo da inclusão de 100% de teor de resíduos. Em relação ao período de cura, sete dias resultaram no menor valor médio (3,23 MPa); 14 dias, em um valor intermediário (4,65 MPa); e 28 dias, no maior valor dessa propriedade (6,86 MPa).

O aumento progressivo do teor de resíduos foi responsável por aumentar significativamente a porosidade das argamassas (de 27,18% para 41,09%), entretanto o período de cura não afetou essa propriedade.

Os resultados obtidos da análise estatística corroboram os resultados obtidos por Santana e Pereira (2020), que utilizaram agregado miúdo reciclado em sua pesquisa. Houve semelhança do comportamento da argamassa no estado fresco, entretanto diminuição dos valores de propriedades mecânicas obtidos pelas argamassas com resíduos, como agregados miúdos.

A maior porosidade com argamassas com maior teor de resíduo misto foi obtida também por Santana e Pereira (2020), que encontraram maior capilaridade nas argamassas produzidas por eles.

4 Conclusão

Conclui-se com esta pesquisa a viabilidade técnica da utilização de agregados miúdos à base de resíduos da construção e demolição, de acordo com os resultados obtidos para a argamassa no estado fresco e para os valores médios de resistência à compressão das argamassas no estado endurecido.

Houve acréscimo na porosidade da argamassa, quanto maior o teor de agregado reciclado utilizado, sendo o maior valor igual a 40,65% com 28 dias de cura e 100% de agregado reciclado.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: cimento Portland: determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776**: agregados: determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 284**: agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ALMEIDA, D. H.; LORENZETTI, J. F.; SILVA, I. N. R.; BRASIL, S. N. Gestão de resíduos: estudo de caso em diferentes canteiros de obras em Porto Velho (RO). *In*: SENHORAS, E. M. (org.). **A gestão ambiental e sustentável na Amazônia**. 1. ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 71-81.

AZEVEDO, G. O. D.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 65-72, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522006000100009>.

BAUER, F. A. L. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. v. 1. 488 p.

BRASIL, S. N.; SILVA, I. N. R.; LORENZETTI, J. F.; DEGUCHI, J. P. P.; ALMEIDA, D. H. Resíduos da construção civil: um estudo de caso de gestão em canteiro de obras. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 34., 2019, Santos. **Anais (...)**. Santos: ABEPRO, 2019. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_298_1680_37477.pdf. Acesso em: 1 set. 2019.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, v. 61, n. 358, p. 178-189, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0366-69132015613581860>.

CAETANO, M. O.; SELBACH, J. B. O.; GOMES, L. P. Composição gravimétrica dos RCD para a etapa de acabamento em obras residenciais horizontais. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 2, p. 51-67, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000200079>.

CALCADO, G. C. S. **Influência da adição de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição no desempenho de argamassas de cimento Portland**. 2015. 112 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

CALLISTER JUNIOR, W. D. **Fundamentos da ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. 702 p.

CARVALHO, J. C.; ALMEIDA, D. H.; LOPES, R. K.; COSTA, F. M. Gestão de resíduos de construção e demolição: o caso de Porto Velho, Rondônia. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 8., 2018, Ponta Grossa. **Anais (...)**. Ponta Grossa: APREPRO, 2018. Disponível em: <https://anteriores.aprepro.org.br/conbrepro/2018/>. Acesso em: 16 ago. 2019.

CASALI, J. M.; MIGUEL, T. F.; FELIZARDO, C. C.; MEIRA, N. S.; DOMINGUINI, L.; BETIOLI, A. Caracterização e influência do teor do resíduo de areia de fundição fenólica em argamassas de revestimento. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 261-279, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000100220>.

CBIC – CÂMERA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Disponível em: <https://cbic.org.br>. Acesso em: 8 mar. 2020.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF, 2002. Disponível em: https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2002_Res_CONAMA_307.pdf. Acesso em: 8 mar. 2020.

DOSSENA, M. H.; BEVILAQUA, D.; SILVA, L. L.; FIORI, M. A.; BATISTON, E. R.; MELLO, J. M. M. Evaluation of mechanical properties of sealing mortar with partial

replacement of *Portland* cement by stone crusher waste. **Materials Research**, v. 22, n. 1, p. e20180868, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2018-0868>.

ISAIA, G. C. (org.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2017a. v. 1.

ISAIA, G. C. (org.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2017b. v. 2.

KLIPPEL FILHO, S.; LABRES, H. S.; PACHECO, F.; OLIVEIRA, M. F.; TUTIKIAN, B. F. Influência da espessura de revestimentos de argamassa no desempenho acústico de alvenarias de blocos cerâmicos. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 2, p. 145-156, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000200313>.

KRÜGER, E. L.; ZANNIN, P. H. T. Avaliação termoacústica de habitações populares na Vila Tecnológica de Curitiba. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 2, p. 33-44, 2006. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3685>. Acesso em: 20 set. 2019.

MARTÍNEZ, I.; ETXEBERRIA, M.; PAVÓN, E.; DÍAS, N. Analysis of the properties of masonry mortars made with recycled fine aggregates for use as a new building material in Cuba. **Revista de la Construcción**, v. 15, n. 1, p. 9-21, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-915X2016000100001>.

MEDEIROS, B. A.; NEVES, G. A.; BARBOSA, N. P.; MENEZES, R. R.; FERREIRA, H. C. Mechanical properties of mortar produced with the replacement of natural sand by Scheelite residue. **Cerâmica**, v. 65, n. 375, p. 443-451, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0366-69132019653752571>.

OLIVEIRA, A. L.; CORRÊA, B. P.; RIBEIRO, I. F. R.; SOUZA, R. A.; CALÇADA, L. M. L. Influência do uso de aditivo retentor de água à base de éter de celulose nas propriedades das argamassas de assentamento em alvenaria estrutural de blocos de concreto. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 3, p. 57-69, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212015000300026>.

PIMENTEL, L. L.; PISSOLATO JUNIOR, O.; JACINTHO, A. E. P. G. A.; MARTINS, H. L. S. Argamassa com areia proveniente de britagem de resíduo da construção civil: avaliação de características físicas e mecânicas. **Revista Matéria**, v. 23, n. 1, e-11969, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620170001.0305>.

PÓVOAS, Y. V.; JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. Influência da perda de água por evaporação na resistência de aderência entre argamassa colante e placa cerâmica. **Ambiente Construído**, v. 2, n. 2, p. 7-18, 2002. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3414>. Acesso em: 19 set. 2019.

SANTANA, T. S.; PEREIRA, C. H. A. F. Avaliação da influência da utilização de agregado miúdo reciclado em argamassas estabilizadas. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 3, p. 305-318, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000300430>.

SANTOS, D. V.; CABRAL, A. E. B. Análise técnica da reciclagem de resíduos de construção em canteiros de obras. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 3, p. 363-383, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000300434>.

SARASWATHY, V.; SONG, H. Evaluation of cementitious repair mortars for corrosion resistance. **Portugaliae Electrochimica Acta**, v. 26, n. 5, p. 417-432, 2008. DOI: <https://doi.org/10.4152/pea.200805417>.

SENTENA, J. A. A.; KAZMIERCZAK, C. S.; KREIN, L. A. Degradação de revestimentos de argamassa com finos de resíduos de concreto por ciclos térmicos. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 221-224, 2018. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/62062>. Acesso em: 15 set. 2019.

SILVA, A. B. B. M.; NOÉ, A. F.; BATISTA, B. C. C.; LOPES, R. K.; CHRISTOFORO, A. L.; ALMEIDA, D. H. Análise de propriedades de argamassa produzida com substituição parcial do agregado natural por agregado reciclado misto da construção civil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 62., 2020, on-line. **Anais (...)**. Florianópolis: IBRACON, 2020. Disponível em: <https://ibracon.org.br/eventos/62cbc/artigos/>. Acesso em: 12 dez. 2021.

ZANELATTO, K. C.; BARROS, M. M. S. B.; MONTE, R.; SABBATINI, F. H. Avaliação da influência da técnica de execução no comportamento de revestimento de argamassa aplicado com projeção mecânica contínua. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 2, p. 87-109, 2013. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/30111>. Acesso em: 14 set. 2019.