Avaliação do uso de areia reciclada proveniente de resíduo da construção civil para produção de argamassas de assentamento e de revestimento

Evaluation of the use of recycled sand from construction waste for the production of laying and covering mortars

DOI:10.34117/bjdv7n5-156

Recebimento dos originais: 07/04/2021
Aceitação para publicação: 10/05/2021

Tereza Cristina de Farias Guimarães
Pós-doutorado no Departamento de Matéria Condensada e Física Estatística no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF/CNPq
Institution: Laboratório de Ciência e Tecnologia de Materiais, LCTM/DCET I/UNEB
Address: Silveira Martins Avenue, 255, Cabula - Salvador, Bahia, Brasil, Zip Code: 41195-001
E-mail:tcfg@uneb.br

Arnaud Victor dos Santos
Doutorado em Química Analítica pela Universidade de São Paulo - USP
Institution: Laboratório de Ciência e Tecnologia de Materiais, LCTM/DCET I/UNEB
Address: Silveira Martins Avenue, 255, Cabula - Salvador, Bahia, Brasil, Zip Code: 41195-001
E-mail:avsantos@uneb.br

Helena Maria Andrade Alves
Especialista: Química Analítica pela Universidade Federal da Bahia
Institution: Centro de Pesquisas e Desenvolvimento – CEPED, Coordenadora GETEL/CONAMA. Governo do Estado da Bahia - Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação, SECTI
Address: BA- 512 Highway, Km -0, S/N- Pólo Petroquímico - Camaçari, Bahia, Brasil, Zip Code: 42810-440
E-mail:helena.alves@secti.ba.gov.br

Rosa Amália Mendes Carneiro de Campos
Arquiteta e Urbanista pela Universidade Federal da Bahia
Pós-graduada em: Gestão de Cidades, Auditoria e Perícia Ambiental.
Institution: Instituto Politécnico da Bahia
Address: Severo Pessoa Street, 31, Federação - Salvador, Bahia, Brasil, Zip Code: 40210-700
E-mail:rosaa_campos@hotmail.com

Alexandre de Macêdo Wahrhaftig
Pós-Doutorado em Estruturas pela Western University of Ontario London, Canada
Institution: Departamento de Construção e Estruturas – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, UFBA
Address: Prof. Aristides Novis Street, 2, Federação - Salvador, Bahia, Brasil, Zip Code: 40210-630
E-mail:alixa@ufba.br

RESUMO

A construção civil é um dos setores que provoca maior impacto ambiental, devido ao elevado consumo de matérias-primas processadas inadequadamente e aos materiais disponibilizados para cada serviço. Este trabalho teve como objetivo avaliar os desempenhos de argamassas com 100% de areias totalmente recicladas (AR), advindas dos resíduos de construção e demolição (RCD), Classe A, para uma analogia com areia 100% natural (AN), proveniente dos depósitos naturais. Assim, para relacionar os dois tipos de agregados foram preparados dois traços de argamassas de assentamento e revestimento, 1:2:6 e 1:2:9 em massa. Inicialmente determinou-se as composições de todas as matérias primas, inclusive índices de cloretos e sulfatos solúveis nas (AN) e (AR) e posteriormente nos traços das argamassas. Após a caracterização granulométrica dos agregados analisou-se os índices físicos: massa específica fresca, massa específica seca ao ar, massa específica real aparente, massa específica aparente saturada, porosidade aparente, absorção de água, água da mistura e ar incorporado teórico. As argamassas produzidas foram caracterizadas quanto ao índice de consistência *flowtable*, densidade de massa, retração e resistências à tração na flexão e à compressão. Os resultados mostraram que os dois traços das argamassas avaliadas constituídas de 100% de (AR), Classe A, podem ser utilizadas como alternativa para substituição da (AN) na produção de argamassas para assentamento e revestimento de alvenarias. A reciclagem de RCD nos locais de construção minimiza o risco de sua contaminação, sendo uma alternativa mais sustentável e econômica porque reduz os custos com transportes e consequentemente as imissões de carbono. Portanto, uma logística deve ser otimizada para cada uma das matérias primas, ou seja, um plano de gestão de resíduos em locais da construção.

Palavras-chave: Resíduo de construção e demolição, Argamassa reciclada, Revestimento, assentamento.

ABSTRACT

Civil construction is one of the sectors that causes the greatest environmental impact, due to the high consumption of raw materials processed inappropriately and the materials made available for each service. This work aimed to evaluate the performance of mortars with 100% fully recycled sand (AR), from construction and demolition waste (RCD), Class A, for an analogy with 100% natural sand (AN), coming from deposits natural. Thus, in order to relate the two types of aggregates, two traces of laying and covering mortars, 1: 2: 6 and 1: 2: 9 by mass, were prepared. Initially, the compositions of all raw materials were determined, including indexes of soluble chlorides and sulfates in (AN) and (AR) and later in the traces of mortars. After the granulometric characterization of the aggregates, the physical indices were analyzed: fresh specific mass, air-specific specific mass, real apparent specific mass, saturated apparent specific mass, apparent porosity, water absorption, mix water and theoretical incorporated air. The produced mortars were characterized according to the flowtable consistency index, mass density, shrinkage and tensile strengths in flexion and compression. The results showed that the two traces of the evaluated mortars made up of 100% (AR), Class A, can be used as an alternative to replace (AN) in the production of mortars for laying and lining masonry. The recycling of RCD at construction sites minimizes the risk of contamination, being a more sustainable and economical alternative because it reduces transport costs and consequently carbon emissions. Therefore, logistics must be optimized for each of the raw materials, that is, a waste management plan at construction sites

Keywords: Construction and demolition waste, Recycled mortar, Flooring, settlement

1 INTRODUÇÃO

A Construção Civil é considerada como um dos setores de maior demanda de matérias primas naturais com 20 a 50% do total de recursos minerais explorados no Brasil MESQUITA [1]. A discussão sobre o reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil sempre esteve muito vinculada às questões pertinentes à formação de entulhos, à maneira de como esses seriam descartados, e à importância econômica que esse setor representa para a economia brasileira. A temática da racionalização de recursos é assunto frequentemente debatido por todas as nações desenvolvidas e em desenvolvimento, em função da crescente demanda populacional e da escassez de recursos naturais. Trata-se, portanto, de uma ação prioritária que o setor tem que organizar em um tempo razoavelmente curto. Diante disso, a indústria da construção civil deve prover soluções à altura de outros segmentos industriais no que se refere a políticas sustentáveis, no sentido de buscar reduzir as perdas e desperdícios, ALBERTIN [2].

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais ABRELPE [3] a indústria da construção é a atividade econômica responsável pela maior parcela de resíduos sólidos urbanos gerados, representando 62% do total. A grande quantidade de (RCD) provoca, em concomitância aos prejuízos ambientais, ônus financeiro para quem o gera e para o setor público, que arca com os custos de locomoção e eliminação dos resíduos finais, os quais, majoritariamente, são alocadas em aterros irregulares caracterizados pela total ausência de controle ambiental BURATTO, V. M. [4]. Com poucas áreas disponíveis para a disposição de resíduos de construção civil a redução dos impactos ambientais causados pelos entulhos da construção civil, centra-se na reciclagem e/ou reutilização desses resíduos. Além de reduzir os custos das construções, a reciclagem é uma opção sustentável afirma EVANGELISTA *et. al*. [5]. As grandes geradoras de resíduos sólidos tiveram que fazer Planos de Gerenciamento de Resíduo da Construção Civil para a apresentação ao órgão municipal responsável pela limpeza urbana para aprovação e viabilidade do empreendimento, no que concerne ao transporte e destinação adequada no Aterro Classe A. Por exemplo, para o município de Salvador na Bahia, os grandes geradores são aqueles que produzem acima de 2 m^3 de entulho. Por outro lado, os municípios têm a obrigatoriedade de elaborarem seus Planos Integrados de Gerenciamento de Resíduos da Construção. A reciclagem, como vista em diversos estudos CIRELLI, S., et al. [6], é definida como processo alternativo para a redução da quantidade de resíduos dispostos nos aterros além de se constituírem em uma proposta sustentável para a destinação dos resíduos de construção civil.

Embora estejam evidentes os aspectos positivos da reciclagem dos materiais de construção, poucas são as iniciativas públicas e privadas para a adoção dessa prática. Urge, portanto, que sejam implementadas ações de estímulo à utilização dos agregados reciclados, quer seja em obras públicas ou privadas, que devem somar-se à construção de usinas de reciclagem e a campanhas técnicas para ampliar sua prática nos canteiros de obra. Essas medidas, muitas vezes deixam de ser observadas pela falta de informações consistentes sobre o volume de agregado reciclado gerado no país (EVANGELISTA et. al. [5], GOMES, P. C. C., et al. (2015) [7], CARASEK, H. et al. (2018). [8], FERREIRA [9]), NBR 15116/2004, NBR 1511/2004 [10].

Sendo assim, no presente trabalho, investigou-se o reaproveitamento de resíduos sólidos da construção civil, qualificados como Classe A, Resolução n° 307 de 2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA) **[11],** na composição de agregados para utilização de argamassas de revestimentos e assentamentos, dando-lhe um uso alternativo. Além de conferir impermeabilidade às alvenarias, suscetíveis as degradações das intempéries com o tempo as argamassas de revestimentos também são utilizadas para manter o conforto acústico de um ambiente.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O ambiente utilizado para a realização dos experimentos foi o Laboratório de Ciência e Tecnologia de Materiais – LCTM do Departamento de Ciências Exatas e da Terra – DCET I da UNEB. No COMED – Coordenação de Mecânica dos Solos e Edificações e LEC do CEPED/SECTI (ensaios físicos e mecânicos) e no Laboratório da CEPED/SECTI (analise de todas as contaminações, incluindo os sulfatos e cloretos). As matérias primas (cimento, cal hidratada, areia comercial e areia reciclada) foram analisadas no laboratório de Laboratório de Espectroscopia de Emissão Ótica – ICP – OES da PARANAPANEMA.

Figura 1: Local - os resíduos foram retirados de diversas áreas da construção e demolição de uma edificação construída no final da década de 1960. Vitória, Salvador, Bahia, Brasil.

As areias lavadas, com água proveniente da rede pública de distribuição.

Figura 2: (a) Britadeira. (b) Resíduos britados (RCD). (c) Moinho de bolas. (d) Betoneira para preparação das argamassas.

(a) (b) (c) (d)

Em seguida, os resíduos foram separados de forma a se enquadrarem na classificação de (RCD), Classe A, sendo criteriosamente amostrados e beneficiados. Essas amostras foram pesadas e britadas (Figura 2 (a e b). Após a britagem convencional, as partículas mais finas foram submetidas a um processo de função relevante, que consiste num moinho de bolas (Figura 2 (c), onde as misturas dos grãos da AR reduzem efetivamente as formas mais angulares, irregulares, rugosas e textura mais áspera, melhorando assim sua trabalhabilidade devido a redução do atrito entre os grãos. Quando os traços das argamassas são preparados no próprio canteiro de obras temos a betoneira (Figura d).

Posteriormente foram peneiradas para classificação granulométrica, segundo ABNT - NBR 248 (2003) (Figura 3) **[12].**

Figura 3. Caracterização do material agregado – Granulometria: (a) AN e (b) AR.

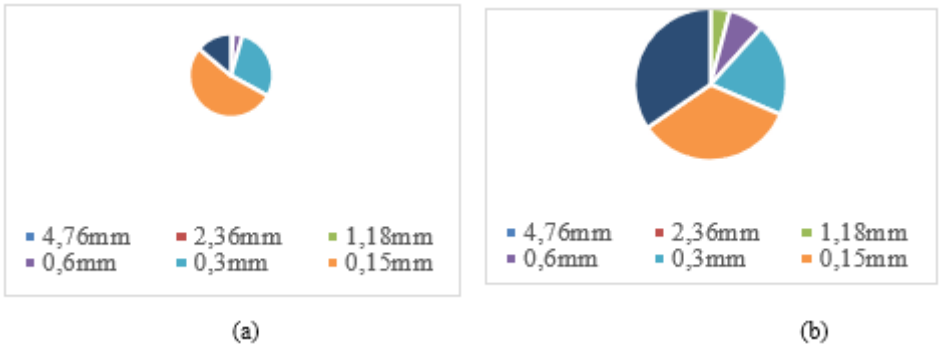


Tabela 1. Composições das Matérias Primas

AREIA RECICLADA (AR)		AREIA NATURAL (AN)	
Al_2O_3	4,66	Al_2O_3	0,06
CaO	4,86	CaO	0,14
K_2O	0,70	K_2O	0,04
MgO	0,77	MgO	0,05
Na_2O	0,48	Na_2O	0,22
SiO_2	79,00	SiO_2	99,80

O cimento utilizado no trabalho foi o Portland CP I ABNT NBR **[13].**

Tabela 2. Requisitos químicos (em porcentagem em massa)3

Sigla	Resíduo insolúvel (RI)	Perda ao fogo (PF)	Óxido de Magnésio (MgO)	Trióxido de enxofre (SO_3)	
CP I	≤ 5,0	≤ 4,5	≤ 6,5	≤ 4,5	

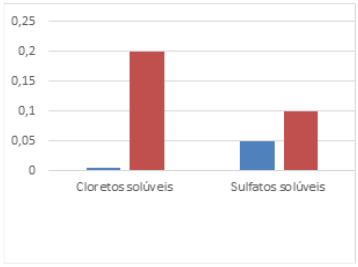
Tabela 3. Requisitos físicos mecânicos

Sigla	Classe	Finura Resíduo peneira 75µm	Tempo de início de pega (min)	Expansibilidade a quente (mm)	Resistência a compressão (Mpa)			
CP I	25	≤ 12,0	≤ 60	≤ 5	1 dia	3 dias	7 dias	28 dias

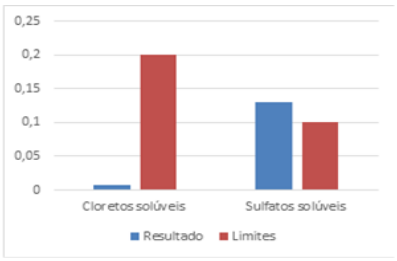
Cal hidratada utilizada ABNT NBR 7175 05/2003 especifica os requisitos exigíveis da cal hidratada para argamassas para construção civil **[14].**

As análises de cloretos e sulfatos foram realizadas com amostras secas a 105±5 º C, seguindo rigorosamente a ABNT NBR 9917:2009, e quantificações dos cloretos e sulfatos solúveis conforme SWEWW 411OB nos Laboratórios da GETEL/SECTI **[15].** Os resultados encontrados apresentaram-se em conformidade com as referidas normas.

Figura 4, Análise química de cloretos e sulfatos nas amostras (a) areia natural (AN); (b) areia reciclada (AR). Na (AR) o sulfato solúvel ficou um pouco superior a norma, que ter sido em consequência da heterogeneidade da amostra, contudo nos traços 1:2:6 e 1:2:9 os resultados foram satisfatórios segundo a mesma norma (ABNT NBR 9917), Figuras 8 e 9 (a) e (b)

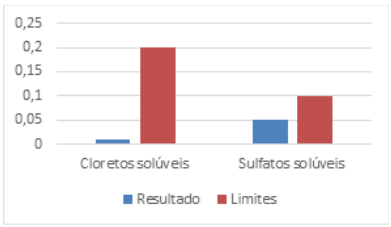


(a)

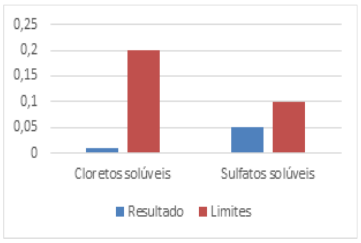


(b)

Figura 5, Presença de cloretos e sulfatos, traço1:2:6: (a) argamassa constituída com (AN); (b) argamassa com (AR).

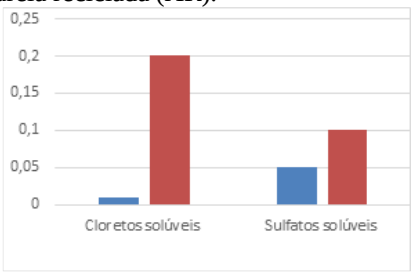


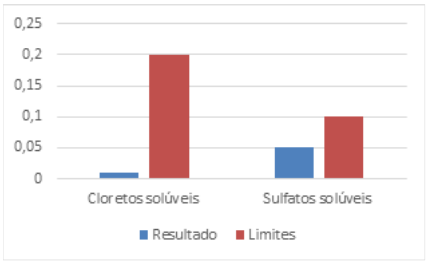
(a)



(b)

Figura 6. Presença de cloretos e sulfatos, traço1:2:9: (a) argamassa com areia natural (AN); (b) argamassa com areia reciclada (AR).





Assim sendo, na Figura 4, a presença de cloretos no traço 1:2:6, tanto para a argamassa com areia natural (AN) como para a argamassa com areia reciclada (AR) foi bem inferior ao limite de tolerância. O mesmo é verificado na Figura 5 para o traço 1:2:9 com a areia natural (AN) e também com a areia reciclada (AR).

O que estabelece a ABNT NBR 9917 **[15],** ou seja, "Limites máximos para a expansão devido á reação álcali-agregado e teores de cloretos e sulfatos presentes nos agregados", é a mesma para argamassas de revestimento, argamassas de assentamento e para os concretos simples, uma vez que as argamassas estão quase sempre em contato com as vigas e colunas das estruturas.

Geralmente a armadura permanece por longo tempo resistentes aos agentes corrosivos. Todavia, ocorrem alguns casos onde a corrosão da armadura é bastante rápida e progressiva. Falhas mais numerosas têm ocorrido em estruturas situadas em orla marinha, devido à penetração de névoa salina, que ataca inicialmente pelos revestimentos (principalmente nos defeitos), penetra na massa do concreto, até atingir a estrutura.

Nos casos de concreto armado, a conservação de um meio alcalino no concreto é um dos requisitos fundamentais para a preservação das estruturas de aço embutidas. Assume-se que a fronteira para início da corrosão da armadura está localizada à aproximadamente 8 mm mais internamente que a profundidade de neutralização da alcalinidade, medida pelo uso da fenolftaleína **[16].** Este seria, portanto, o limite de penetração dos íons e substâncias que potencializam o processo de corrosão durante a vida útil da obra. É importante ressaltar que a ocorrência do fenômeno de corrosão irá depender do binômio propriedades da cobertura de concreto e agressividade ambiental. Ambientes marinhos ou sulfurosos, por exemplo, requerem o uso de coberturas de proteção mais espessas e/ou de melhor qualidade.

Em canteiros de obra, pode-se utilizar para cloretos o teste mais simples, prático e qualitativo, reagindo a amostra com solução de $AgNO_3$ **[17].**

A presença de sulfatos na amostra também é bastante simples, podendo ser identificado a partir do Teste de cloreto de bário para íons sulfatos **[18].**

Convém salientar que não consta neste trabalho nenhuma referência sobre a utilização do cimento Portland resistente a sulfatos, conforme a ABNT NBR 5737 **[19],** com as análises dos possíveis mecanismos das reações químicas envolvidas. Contudo, na referida Norma, no item 4.2 relativo à Composição, dois critérios são considerados mais relevantes são: a) os cimentos cujo teor de C_3A do cliques seja igual ou inferior a 8% e cujo teor de adições carbonáticas seja igual ou inferior a 5% da massa do aglomerante total" e o item d) "os cimentos que tenham antecedentes com base em resultados de ensaios de longa duração ou referências de obras que comprovadamente indiquem a resistência a sulfatos". Adicionalmente no caso do cimento Portland de alta resistência inicial (ver NBR 5733), para fins específicos dessa Norma, admite-se a adição de escória de alto-forno ou materiais posolânicos.

Após apresentar os fatores mais influentes na ação corrosiva da atmosfera HUDSON, J.C. **[20]** classificou as diferentes atmosferas segundo a corrosão relativa de aço-carbono.

A corrosão e a deterioração do concreto podem estar associadas a fatores mecânicos (vibrações e erosão); físicos (variações de temperatura); biológicos (bactérias) ou químicos (produtos químicos com ácidos e sais). Dentre as substâncias químicas as mais agressivas são os ácidos clorídricos e sulfúricos, que podem agir nas argamassas, na pasta do cimento, no agregado, chegando a atingir a armadura de aço-carbono. O mecanismo da deterioração química está associado apenas a ação de substâncias químicas sobre as argamassas de assentamento e revestimento, e sobre componentes não-metálicos do concreto. Contudo, com a penetração, poderá atingir a corrosão por mecanismo eletroquímico, esta ação ocorre no material metálico, ou seja, na armadura.

No mecanismo eletroquímico tem-se inicialmente como produto da corrosão o hidróxido de ferro (II), $Fe(OH)_2$, que em meio não-aerado se transforma em Fe_3O_4 de cor preta ou esverdeada. No caso de meio aerado, o $Fe(OH)_2$ se transforma em hidróxido de ferro (III), $Fe(OH)_3$, de cor castanho alaranjado. Os aços inoxidáveis também podem sofrer corrosão, como ocorre com o a aço AISI 304 em presença de cloreto e meio ácido. O cloro ataca rapidamente o ácido inoxidável, pois forma-se ácido clorídrico, HCl, devido á reação:

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HCl + HOCl \quad (1)$$

A chuva ácida, responsável pela corrosão em estruturas metálicas e em concreto, deve-se a maior presença, geralmente, de óxidos de enxofre, SOx, e óxidos de nitrogênio, NOx. Como os óxidos de enxofre são os poluentes mais frequentes e os principais responsáveis pela corrosão do ferro ou suas ligas, alguns autores tentaram explicar o mecanismo da sua ação corrosiva. GENTIL, V. **[21]** apresenta a ação corrosiva destes óxidos ou ácidos por meio das seguintes reações:

$$2Fe + 2H_2SO_3 \rightarrow FeS + FeSO_4 + H_2O \quad (2)$$

$$Fe + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2 \quad (3)$$

$$2Fe + 2H_2SO_4 + O_2 \rightarrow 2FeSO_4 + 2H_2O \quad (4)$$

$$2FeSO_4 + \tfrac{1}{2}\, O_2 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + H_2O \quad (5)$$

O $FeSO_4$, sulfato de ferro (II) ou sulfato ferroso, e o $Fe_2(SO_4)_3$, sulfato férrico ou sulfato de ferro (III), podem reagir com a água sofrendo hidrólise e formando novamente ácido sulfúrico.

$$FeSO_4 + 2H_2O \rightarrow Fe(OH)_2 + H2SO_4 \quad (5)$$

$$Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3 + 3H_2SO_4 \quad (6)$$

O ácido sulfúrico formado torna a atacar o ferro, justificando a ação corrosiva acelerada devido a esse processo cíclico de regeneração ácida, mecanismo também estudado por EVANS, U.R. **[22].** SCHIKORR, G. e KORR, W. **[23]** apresentaram a seguinte possibilidade de ataque:

$$Fe + SO_2 + O_2 \rightarrow FeSO_4 \quad (7)$$

em que o sulfato ferroso sofre hidrólise

$$2FeSO_4 + ½\ O_2 + 5H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3 + 2H_2SO_4 \quad (8)$$

e o ácido sulfúrico ataca novamente o ferro

$$2 + Fe + 2H_2SO_4 + O_2 \rightarrow 2FeSO_4 + H_2O \quad (9)$$

Contudo, o $FeSO_4$ e o $Fe(OH)_3$ podem ainda nas reações de hidrólise, formar sulfato básico de ferro, insolúvel, $FeOHSO_4$.

$$2FeSO_4 + H_2O + ½\ O_2 \rightarrow 2FeOHSO_4 \quad (10)$$

$$Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O \rightarrow 2FeOHSO_4 + H_2SO_4 \quad (11)$$

Portanto, se o íon SO_4^{2-} não for removido gradualmente por lixiviação, pela retirada do produto de corrosão ou devido a formação do sulfato básico de ferro insolúvel, o processo pode se tornar cíclico, pois o ácido sulfúrico recuperado nas reações de hidrólise, retorna ao processo corrosivo formando uma infinita quantidade de produtos de corrosão.

A NBR 6118 (ABNT, 2003) **[24]** prescreve nos itens 5, 6 e 7, respectivamente, os requisitos gerais de qualidade da estrutura e avaliação da conformidade do projeto, as diretrizes para durabilidade das estruturas de concreto e os critérios de projeto que visam garantir a mencionada propriedade. É importante destacar que as influências ambientais devem ser previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o proprietário da obra. Cita a referida Norma que a agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento dessas estruturas, VILASBOAS , J. M. L., *et al*. **[25].**

2.1 PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS

(a)

(b)

Verifica-se que a falta de revestimento nas alvenarias é uma constante em quase todos os bairros da cidade de Salvador, Figuras 7 (a e b).

Neste estudo as argamassas foram produzidas por meio do processo de mistura descrito pela NBR 16541 (ABNT, 2016) **[26],** que é utilizado para a produção de argamassas convencionais. Este trabalho teve como objetivo avaliar os desempenhos de argamassas com 100% de areias totalmente recicladas (AR), advindas dos (RCD), Classe A, e com areia 100% natural (AN), com traços visando menores consumos de cimento para viabilidade econômica das obras e atendendo as normas de qualidade estabelecida pela ABNT. Então, foram analisados quatro traços de argamassas de assentamento e revestimento, sendo duas 1:2:6 (AN) e duas 1:2:9 (AR) em massa.

Desde o início da década de 1990, grandes equipes de pesquisa de todo mundo têm voltado suas atenções à utilização de argamassas com materiais reciclados com diversos tipos de resíduos ressaltando o RCD devido ao grande volume, mas em adição a esse temos também grande número de misturas contendo diversos tipos de resíduos tentando solucionar problemas de sustentabilidade regionais que resultam quase sempre em estudos de casos que podem eventualmente acontecerem como exemplos para outros municípios ou regiões. Em princípio todos estão cientes da grande heterogeneidade desses materiais, quanto a natureza das matérias primas, traços cimento: agregado, diversas percentagens de substituições das AR na AN (seguindo de 5 até 100%), logo com problemas já bastante debatidos como maiores potenciais de absorção de água acarretando determinada perda de trabalhabilidade, granulometrias bastante diversificadas, admitindo-se que dificilmente seria possível a mesma relação a/c efetiva.

Como neste trabalho foi utilizado apenas 100% de AN e 100% de AR, evidentemente manter a mesma demanda de água utilizada na mistura REF (mistura sem compensação de água no traço – SC) seria uma tarefa impraticável. Então, em vez de

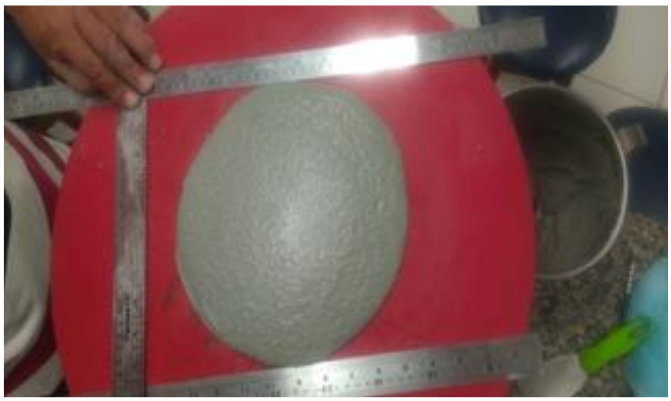
fixado o índice de consistência em 260 ± 5mm, conforme a NBR 13276 (ABNT, 2016) **[27],** a quantidade de água foi definida experimentalmente por meio de ensaios de consistência (mistura com compensação de água no traço – CC). Para a relação água/aglomerante dos traços considerou-se que, dado o elevado índice de absorção do RCD, o uso do mesmo fator água/aglomerante em traços com elevadas quantidades de resíduos, poderia levar a argamassas com índices de consistência discrepantes. Para a definição da quantidade de água adicionada a cada mistura, adotou-se o valor necessário para conferir a cada argamassa confeccionada um espalhamento de 240mm (± 20mm), variando o consumo de água de acordo com o necessário para atender este parâmetro (Figura 8).

2.2 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

Os procedimentos adotados para a confecção dos corpos de prova consistiram em: secar os materiais ao ar livre; proceder-se à umidificação prévia dos agregados. Após a confecção dos corpos de prova cilíndricos, 50x100 mm para determinação da resistência à compressão, densidade de massa aparente no estado endurecido, absorção de água, porosidade aparente, conforme ABNT NBR 13280 **[12] (**Figura 9 a e b).

Figura 08. Ensaio de consistência *flowtable* (mm).

(a)



(b)

Moldaram-se, também, corpos de provas prismáticos de 40x40x160 mm, conforme ABNT NBR 13279:2005 **[13],** (Figuras 9 a e b), para determinar o Coeficiente de capilaridade ABNT NBR 15279 **[28]** e a determinação da resistência à tração na flexão e a compressão ABNT NBR 13279 **[29].** Com as argamassas produzidas foram revestidos painéis de 80x100 cm e espessura de 2 cm, para ensaios de Resistência potencial de aderência à tração ABNT NBR 15258 **[30].** Para retenção de água pela ABNT NBR

13277 **[31]** e observações do surgimento de fissuras. Aguardaram - se 24 horas para se proceder à desmoldagem e submersão dos espécimes em baldes com água proveniente da rede pública de distribuição.

Figura 9. Corpos de prova moldados: (a) traço 1:2:6; (b) traço 1:2:9. Ambos com argamassas 100% (NA) e 100% (AR).

3 RESULTADOS

Na Figura 9 estão representados os corpos de prova moldados: (a) traço 1:2:6; (b) traço 1:2:9. Ambos com argamassas 100% AN e 100% AR. Com as argamassas no estado fresco, foram determinados: a densidade de massa, o teor de ar incorporado e a retenção de água através do funil de Büchner modificado. As massas específicas aparente seca e saturada, assim como a absorção de água a porosidade aparente foram realizadas com corpos de provas prismáticos seguindo rigorosamente as normas ABNT NBR 13280 **[31-36].** Massa específica fresca seguiu o método de ensaio da ABNT NBR 13278 **[32].**

Tabela 4: Massa específica fresca, massa específica seca ao ar, massa específica real aparente, massa específica aparente saturada, porosidade aparente, e absorção de água.

AMOSTRAS	*MASSA ESPECÍFICA FRESCA (kg/m³)		MASSA ESPECÍFICA SECA AO AR (kg/m³)		MASSA ESPECÍFICA REAL APARENTE (kg/m³)		MASSA ESPECÍFICA APARENTE SATURADA (kg/m³)		POROSIDADE APARENTE (%)		ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	
	Traços		Traços		Traços		Traços		Traços		Traços	
	1:2:6	1:2:9	1:2:6	1:2:9	1:2:6	1:2:9	1:2:6	1:2:9	1:2:6	1:2:9	1:2:6	1:2:9
Natural	2.029	2.024	1.738	1.785	1.789	1.758	2.016	2.012	22,6	25,6	12,15	14,58
RCD	1903	1.927	1.606	1.684	1.655	1.582	1.949	1.933	25.6	24,6	14,86	21,81

Com as argamassas no estado fresco, foram determinados: a densidade de massa, o teor de ar incorporado e a retenção de água através do funil de Büchner modificado. As massas específicas aparente seca e saturada, assim como a absorção de água a porosidade aparente foram realizadas com corpos de provas prismáticos seguindo rigorosamente as

normas ABNT NBR 13280 **[31-36].** Massa específica fresca seguiu o método de ensaio da ABNT NBR 13278 **[32].**

Figura 10. Ensaio de aderência a tração.

(a) (b)

O Ensaio de aderência foi realizado segundo metodologia da NBR 15258, ABNT 2005 (Figura 10). Verificou-se que houve redução quanto às massas específica das argamassas das constituídas com AN e AR, contudo tanto nas massas específicas aparentes saturadas quanto nas porosidades aparentes e ar incorporado teórico essas diferenças foram relativamente pequenas entre as duas argamassas em ambos os traços 1:2:6 e 1:2:9 e considerando evidentemente a heterogeneidade das amostras.

Tabela 5: Índices físicos quanto a resistência potencial de aderência a tração, consistência *flowtable*, água da mistura e ar incorporado teórico.

AMOSTRAS	RESISTÊNCIA POTENCIAL DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO (MPa)		CONSISTÊNCIA FLOWTABLE (mm)		ÁGUA DA MISTURA (ml)		AR INCORPORADO TEÓRICO (%)	
	Traços		Traços		Traços		Traços	
	1:2:6	1:2:9	1:2:6	1:2:9	1:2:6	1:2:9	1:2:6	1:2:9
Natural (AN)	0,29	0,3	253	239	280	227	1,8	4,03
RCD (AR)	0,31	0,4	255	240	360	250	1,5	4,13

Ensaio Resistências Mecânicas

Figura 11: Ensaio de compressão: posicionamento

Tabela 6: Ensaios resistência a compressão axial e da resistência a tração na flexão.

AMOSTRAS	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL (MPa)		RESISTÊNCIA A TRAÇÃO NA FLEXÃO (MPa)	
	Traços		Traços	
	1:2:6	1:2:9	1:2:6	1:2:9
Natural	0,29	4.1	0,40	0,38
RCD	0,31	4.5	0,44	0,39

4 DISCUSSÕES

Na Figura 3, referente a **c**aracterização do material agregado, verifica-se no **AN** uma predominância na granulometria 0,15 mm, seguido de 0,3 mm e < 0,15 mm. Já no **AR** nota-se que a maioria das partículas são < 0,15 mm, seguido de 0,15 mm, 0,3 mm, 0,6 mm. Não foram detectadas granulometrias superiores a 1,18 mm nem mais finas que 75 µm. Já foram discutidos detalhadamente as areias utilizadas e em seguida os traços das argamassas, constatando que as concentrações de cloretos e sulfatos estão dentro das normas estabelecidas pela ABNT NBR 9917:2009 **[15]** para que não houvesse o risco inevitável de inviabilizar a sua reciclagem.

Outras influências generalizadas, em relação a utilização das AR foram analisadas desde de 1999 por MESBAH e BUYLE-BODIN **[37],** como: a maior contração das argamassas com AR gerava maior porosidade dos agregados que influenciam no mecanismo de migração de água. Neste trabalho a diferença não foi relevante. No traço 1:2:6, obteve-se 22,6% para a AN e 25,6% para a com a AR. Esse fato está constatado na nossa Tabela 4.

MIRANDA E SELMO em 2006 **[38]** relataram que o controle das fendas provavelmente causados pelas AR de RCD, a tensão capilar pode ser reduzida por meio de um projeto que controla, em primeiro lugar, os materiais mais finos na argamassa, o tamanho da distribuição e a relação água / cimento cuja metodologia utilizada foi relatada e justificada também anteriormente.

Assim, como os prováveis problemas nas propriedades das argamassas com uso da AR, as vantagens também já foram observadas com estudos detalhados como o da equipe de CORINALDESI et al. em 2002 **[39].** Segundo os autores a argamassa com areia reciclada apresenta excelente aderência com blocos, atribuível à alta qualidade da zona interfacial. A presença de material reciclado reduz o valor limite de elasticidade, mantendo-se baixa por um logo período de tempo, como mostrado por testes reológicos por MORICONI et al (2003) **[40].** Tal fato está constatado na Tabela 5 deste trabalho com os valores de resistência potencial de aderência a tração apresentando melhores valores com RCD com AR do que para os mesmos traços (1:2:6 e 1:2:9) com AN. Desse modo, a argamassa pode exibir uma melhor penetração na superfície do bloco, assegurando evidentemente entrelaçamento físico e consequentemente melhor aderência. Ainda na Tabela 5 os resultados para consistência *flowtable* com argamassas com AR apresentaram valores um pouco superiores aos das argamassas com AN.

SILVA, J.F, et al**. [41],** num estudo experimental das propriedades físicas de argamassas produzidas com agregados reciclados de resíduos de cerâmica vermelha utilizando um traço, em volume, de 1,00:6,00, com os materiais dosados em massa, para a definição da quantidade de água adicionada a cada mistura, adotou o valor necessário para conferir a cada argamassa confeccionada um espalhamento semelhante a este trabalho de 240 mm (± 20mm), conforme ABNT [27]. Logo, quanto a este critério os 4 traços das argamassas apresentadas na Tabela 4 deste trabalho podem ser utilizados com graus de confiança segundo as normas ABNT. Ainda existe a possibilidade de que um menor valor do índice de consistência tenha uma melhor adesão à blocos com menor porosidade.

GARINALDESI (2009) **[42]** avaliaram a resistência à tração da ligação de argamassas preparadas aos blocos de alvenaria, para resistência a compressão e ao cisalhamento. Os resultados indicaram que a resistência de união e fratura foram ligeiramente maiores para argamassas com AR. Segundo os autores este aumento da **força de ligação** foi justificado por maior qualidade da zona interfacial e pode-se admitir a possibilidade da influência de argamassas que possuem elevado teor de CaO tanto proveniente das AR com da cal hidráulica componentes dos traços1:2:6 e 1:2:9.

Em parte, o provável problema das fendas causadas com a utilização das AR nos RCD relatadas por MIRANDA E SELMO em 2006 **[38],** foi esclarecido para dois estudos de caso. Neste trabalho aqui apresentado não foi verificado a existência de fendas nem algum outro tipo de defeito de superfície. E os resultados de MIRANDA (2005) **[39]**

indicaram que a adesão de reboco produzido com cimento, cal e areia pode ser sempre mais alta do que os preparados apenas com cimento e areia reciclada, admitindo que esse fator pode ser atribuído à maior proporção água / cimento de argamassas constituídas apenas com areia reciclada e elevada quantidade de material mais fino do que 75 µm nos agregados, o que levaria a reduzir a quantidade de cimento absorvido pelo substrato.

Na absorção de água, Tabela 4, observa-se na literatura que os melhores resultados para a resistência à compressão são para valores de absorção inferiores a 7%. Apenas para amostras de 100%, semelhante ao exemplo deste trabalho a absorção de água exibe valores maior do que 7%. No entanto, observando os resultados outros estudos CORINALDESI e MORICONI 2009**) [42],** este valor de absorção de 7% não é incomum em AR, especialmente se ele resulta de uma alvenaria cerâmica. No que diz respeito a resistência à tração em flexão, valores ≥ 0,5 são considerados aceitáveis como proposto por MIRANDA (2005) **[39].** E ainda segundo o autor metade das argamassas testadas não atingem essa referência.

Agora em 2021, estudos da avaliação do comportamento de revestimentos em argamassas estabilizadas submetidas a tratamento superficial com aditivos cristalizantes contribui para a **redução da absorção de água e** para o aumento da resistência mecânica e possível adequabilidade do material às exigências normativas quando necessário **[43].**

Na Tabela 6 estão representadas resistência a compressão axial e da resistência a tração na flexão (Figura 11). Para um mesmo traço os resultados obtidos com as AR apresentaram-se melhores do que os de AN. Finalmente as médias dos ensaios de resistência de compressão axial e a resistência de tração na flexão para a argamassa com traços de 1:2;6 foram maiores do que no traço 1:2:9 o que era de se esperar. Os traços com cimento, cal e agregado assim como a quantidade de CaO provenientes dos resíduos da construção (Tabela 1) geralmente elevam o índice da atividade pozolânica com aumentos significativos na resistência à compressão simples das argamassas ao longo do tempo. Um excelente estudo foi realizado por MENEZES R. R. et al **[44].**

A inclusão de uma diversidade de outros tipos de resíduos que geram estudos de casos mais complexos, na maioria das vezes imediatos, visando inevitavelmente problemas bastante desafiadores envolvendo Saúde Pública além da escassez crescente dos recursos naturais, algumas universidades que localizadas nessas regiões têm contribuído constantemente com toda comunidade científica **[45-51].**

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi avaliado do uso de areia reciclada (AR) proveniente de resíduo da construção e demolição (RCD) para produção de argamassas de assentamento e de revestimento.

A partir dos resultados experimentais e das discussões, as seguintes conclusões podem ser extraídas:

- Primeiramente é inevitável efetuar as análises dos **contaminantes** das matérias primas, tais como cloretos, sulfatos solúveis e carbonatos porque podem inviabilizar qualquer tipo de reutilização dos resíduos.

- As **granulometrias** entre o AN e o AR desde trabalho não ficaram muito diferenciadas. Verifica-se no AN uma predominância na granulometria 0,15 mm, seguido de 0,3 mm e < 0,15 mm. Já no AR nota-se que a maioria das partículas são < 0,15 mm, seguido de 0,15 mm, 0,3 mm, 0,6 mm. Não foram detectadas granulometrias superiores a 1,18 mm, nem mais finos que < 75 µm denominadas pulverulentos.

- A utilização contínua do **moinho de bolas** logo após a britagem reduziu significativamente os efeitos nos agregados reciclados quanto ao formato mais irregular, angular, superfície porosa com textura rugosa e áspera, e a melhoria da textura referente à presença de argamassa aderida aos grãos.

- Os resultados dos ensaios de resistência potencial de aderência a tração assim como os da consistência *flowtable* foram melhores para as argamassas com AR do que para as constituídos com AN.

- Para um mesmo traço (1:2:6 e 1:2:9) os resultados dos ensaios de **resistência de compressão axial e da resistência de tração na flexão** obtidos com as AR apresentaram-se melhores do que os de AN.

- Sobre as médias dos ensaios de resistência de compressão axial e resistência de tração na flexão para as argamassas com traços de 1:2:6 foram maiores do que no traço 1:2:9, **porém o segundo tem maior viabilidade econômica.**

- Não foi detectado o surgimento de **fissuras,** possivelmente devido ao tamanho dos nossos materiais mais finos pouco menores que 0,15 mm. Geralmente o uso da fração de finos (75 µm) de AR misto em argamassas, embora não afete as propriedades mecânicas,

contribui para um maior surgimento de fissuras, sendo indicado que o conteúdo desses finos deve ser limitado em 25%.

- Como estamos tratando de estudos referentes a novos materiais para possíveis substituições dos conhecidos tradicionais já testados por longo tempo, temos agora, além da escassez crescente dos recursos naturais, a necessidade urgente da recuperação de diversos tipos de resíduos para recuperação de regiões que causam danos diretos à saúde pública. Esses são os maiores desafios para as universidades mais próximas de cada município com áreas degradadas.

-Estudos visando futuras padronizações da ABNT devem ser realizados em paralelo por equipes de pesquisa, com materiais mais semelhante possíveis, incluindo apenas RCD que evidentemente possuem números mais reduzidos de variáveis, e preferencialmente utilizando misturas cimentos /agregados com entre 1,00:3,00 a 1,00:4,00 que garantem de antemão bons resultados físicos e mecânicos principalmente os de resistência a compressão axial e da resistência a tração na flexão. Menores substituições de AR por AN provavelmente é uma trajetória também mais segura para padronização da ABNT. Evidentemente os usuários terão maior credibilidade e será uma alavanca para a sustentabilidade.

- Os resultados mostraram que os dois traços das argamassas avaliadas constituídas de 100% de (AR), Classe A, podem ser utilizadas como alternativa para substituição da (AN) na produção de argamassas para assentamento e revestimento de alvenarias.

- Com o fechamento dos laboratórios em decorrência da pandemia foi impossível para dar continuidade aos ensaios de resistência à compressão simples das argamassas nos meses consecutivos para testar o aumento significativo do índice da atividade pozolânica em consequência dos traços com cimento, cal e agregados, assim como efetuar uma analogia entre as argamassas com maior quantidade de CaO provenientes dos resíduos com as areias recicladas (AR) e os traços com AN.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Espectroscopia de Emissão Ótica – **ICP – OES da PARANAPANEMA** pelas análises das Matérias Primas.

Ao **COMED** – Coordenação de Mecânica dos Solos e Edificações e **LEC** – Laboratório de Engenharia Civil do CEPED – SECTI, pela realização dos ensaios físicos e mecânicos.

Ao Centro de Pesquisas e Desenvolvimento **– CEPED,** Coordenação **GETEL/CONAMA**. **Governo do Estado da Bahia - Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação, SECTI** pelas análises de todos os contaminantes das matérias-primas e traços das argamassas.

REFERÊNCIAS

[1] MESQUITA, A. S. G. (2012). Análise da geração de resíduos sólidos da construção civil em Teresina, Piauí. *Holos*, *2*, 58-65. https://doi.org/10.15628/holos.2012.835.

[2] ALBERTIN, R. M. MORAES, E., DE ANGELIS NETO, G., DE ANGELIS, B. L. D. & SCHMIDT, C. A. P. (2011). Avaliação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no município de Cianorte, Paraná. *Tecno-Lógica*, *15*, 53-61. http://dx.doi.org/10.17058/tecnolog.v15i2.1893

[3] ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA ERESÍDUOS ESPECIAIS. (2018-2019). Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo, SP, Brasil.

[4] BURATTO, V. M. (2013). *Diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos em complexos portuários* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

[5] EVANGELISTA, P.P.A., COSTA, D.B. & ZANTA, V.M. (2010). Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe a: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. *Ambiente Construído*, *10*, 23-40. http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212010000300002.

[6] Centro de Pesquisas e Desenvolvimento – CEPED, Coordenadora GETEL/CONAMA. Governo do Estado da Bahia - Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação, SECTI.

[7] GOMES, P. C. C., ALENCAR, T. F. F. de, SILVA, N. V. da, MORAES, K. A. de M. & ANGULO, S. C. (2015). Obtenção de concreto leve utilizando agregados reciclados. *Ambiente Construído*, *15*, 31-46. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000300024.

[8] CARASEK, H. et al. GIRARDI, A. C. C., ARAÚJO, R. C., ANGELIM, R. & CASCUDO, O. (2018). Estudo e avaliação de agregados reciclados de resíduo de construção e demolição para argamassas de assentamento e de revestimento. *Cerâmica*, *64*, 288-300. https://doi.org/10.1590/0366-69132018643702244

[9] FERREIRA, R.L.S., ANJOS, M.A.S., PEREIRA, J.E.S., FONSECA, N.J.M. NÓBREGA, A.K.C. Avaliação das propriedades físicas, químicas e mineralógicas da fração fina (<150 μm) do agregado reciclado de RCD. Cerâmica 65 (2019) 139-146.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural: requisitos. Rio de Janeiro, 2004. NBR 1511/2004.

[11] Resolução n° 307 de 2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA).

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 248: agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

[13] Cimentos Portland resistentes a sulfatos, CP I ABNT NBR 5737, JUN. 1992. Esta Norma substitui a NBR 5737/86.

[14] Cal hidratada: ABNT NBR 7175 05/2003.

[15] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 9917) Cloretos e sulfatos. Jul / 1987.

[16] BACCAN, N., ALEIXO, L.M., GODINHO, O.E.S., e STEIN, E. Introdução à Semimicroanálise Qualitativa, 3 a edição, Editora da UNICAMP, Campinas, 1990.

[17] G. H. JEFFREY, J. BASSET, J. MEDHAM, R.C. DENNEY, VOGEL Análise Química Quantitativa, 6ª edição, LTC, Rio de Janeiro, 2002, 712p.

[18] A. I. VOGEL, Química Analítica Qualitativa, São Paulo: Mestre Jou, 1981, 665p.

[19] Cimento Portland resistente a sulfatos, conforme a ABNT NBR 5737.

[20] HUDSON, J.C. *Corrosion of iron and steel*, Champmam and Hall, London, 1940.

[21] GENTIL, V. Corrosão. LTC Editora, 4ª Edição (2003).

[22] EVANS, U.R. The corrosion and Oxidations of Metals, Edwar Arnold, Great Britain, 1976, pág. 247.

[23] G SCHIKORR - MATERIALS AND CORROSION, 14, 19,1963 - WILEY ONLINE LIBRARY.

[24] NBR 6118 (ABNT, 2003), prescreve nos itens 5, 6 e 7, respectivamente, os requisitos gerais de qualidade da estrutura e avaliação da conformidade do projeto, as diretrizes para durabilidade das estruturas de concreto e os critérios de projeto que visam garantir a mencionada propriedade.

[25] VILASBOAS, J. M. L., *et al*: "Uma proposta de classificação da agressividade ambiental para a cidade de Salvador-Bahia". Volume 3, Number 2 (June, 2010) p. 219 - 247 • ISSN 1983-4195.

[26] PROCESSO DE MISTURA DESCRITO PELA NBR 16541 (ABNT, 2016).

[27] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

[28] Coeficiente de capilaridade ABNT NBR 15279.

[29] Determinação da resistência à tração na flexão e a compressão ABNT NBR 13279.

[30] Resistência potencial de aderência à tração ABNT NBR 15258.

[31] Absorção de água NBR 13280.

[32] Massa específica no estado fresco ABNT NBR 13278.

[33] Massa específica seca ao ar ABNT NBR 13280.

[34] Massa específica real aparente ABNT NBR 13280.

[35] Massa específica aparente saturada ABNT NBR 13280.

[36] Porosidade Aparente ABNT NBR 13280.

[37] HA MESBAH, F BUYLE-BODIN -Efficiency of polypropylene and metallic fibres on control of shrinkage and cracking of recycled aggregate mortars Construction and building materials, 1999 – Elsevier.

[38] L.F.R. MIRANDA, S.M.S. SELMO, Constr. Build. Mater. 20 (2006) 615.

[39] V. CORINALDESI, M GIUGGIOLINI, G MORICONI – Use of rubble from building demolition in mortars. Waste management, 2002 – Elsevier.

[40] MONCONI, G.,CORINALDES, V. AND ANTONUCCI, R.**.** Environmentally-friendly mortars: a way to improve bond between mortar and brick. Materials and Structures I Matériaux et Constructions, Voi. 36, December 2003, pp 702-708.

[41] SILVA, J.F., VIEIRA, S.P., OLIVEIRA, D.R., VIEIRA, R. B., MORAIS, E.P. Estudo experimental das propriedades físicas de argamassas produzidas com agregados reciclados de resíduos de cerâmica vermelha.

[42] CORINALDESI, V. MORICONI, G. – Influence Of Mineral Additions On The Performance Of 100% Recycled Aggregate Concrete. Construction and building materials, 2009 – Elsevier.

[43] GIHAD, A.C.A.J., MOHAMAD, G., SCHMIDT, R.P.B.,ANTONIAZZI, J.P., LÜBECK, A. Avaliação do comportamento de revestimentos em argamassas estabilizadas submetidas a tratamento superficial com aditivos cristalizantes. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 81-99, jan./ mar. 2021.

[44] MENEZES, R.R., FILHO, J.F., FERREIRA, H.F., NEVES, G.A., FERREIRA, H.C. Reciclagem de resíduos de construção civil para produção de argamassas. Cerâmica 55 (2009) 253-270.

[45] JANEKELLY, V.S, BACUS, DE O.N., IGOR, S.S., KELLY, P.T.V.B., PÂMELA, M.K. Efeitos da adição e substituição de cinza do bagaço da cana-de-açúcar em matrizes cimentícias. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 10 p. 77494-77509, oct. 2020. ISSN 2525-8761.

[46] DILSON, N. P., CARDOSO, A. N.M., EMANUE,L N.M., LÊDA, A.R.R., LETÍCIA, E.A., e , ALINE C. P.T., CLAUDIA, S.O.A. Influência do Uso de Resíduos da Construção Civil e de Serragem de Couro Bovino nas Propriedades Mecânicas de Argamassas. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 11, p.86130-86140, nov. 2020. ISSN 2525-8761.

[47] FELIPE, A.A., DOUGLAS A.L., ALISSON, R.O.D., ESEQUIEL F.T.M. e ANTÔNIO EDUARDO, B.C. Propriedades Mecânicas De Argamassas Com Substituição Da Areia Natural Por Escória De Aciaria Bssf (Baosteel's Slag Short Flow). Revista Matéria, v.25, n.1, 2020.

[48] FELIPE S.C., ELAINE G.P.A., LEIDY, J.J., JORGE, H.P., AUGUSTO W.. Análise das propriedades físico-mecânicas de argamassas de revestimento com a incorporação de fibras de polipropileno e nylon. Revista Matéria, v. 25, n.4, 2020.

[49] R. L. S. FERREIRA, M. A. S. ANJOS, J. E. S. PEREIRA, N. J. M. FONSECA, A. K. C. NÓBREGA. Avaliação das propriedades físicas, químicas e mineralógicas da fração fina <150 µm do agregado reciclado de RCD. Cerâmica 65 (2019) 139-146 http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132019653732453 139.

[50] MENEZES, R.R., FILHO, J.F., FERREIRA, H.F., NEVES, G.A., FERREIRA, H.C. Reciclagem de resíduos de construção civil para produção de argamassas. Cerâmica 55 (2009) 253-270.

[51] PRISCILA, O.T., JOCASTA M., SUELEN C.V, BRUNO M., ALESSANDRA Z. Substituição parcial de agregado miúdo por resíduo de vidro moído na produção de argamassa. ISSN 1517-7076 artigos e-12576, 2020. Revista Matéria, V.25, N.1. ISS