

SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR PÓ DE VIDRO EM ARGAMASSA CONVENCIONAL PARA REVESTIMENTO INTERNO E EXTERNO

Indianara Aparecida Menegazzi¹
Poliana Bellei²

Submetido em 29-04-2019

Aprovado em 11-12-2019

Revista Infinity

Revista dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Civil e Engenharia de Produção.

Uceff – Campus Itapiranga

Vol. 4, nº 2, 2019

ISSN 2525-3204

¹ Graduada em Engenharia Civil pela UCEFF – Faculdade Empresarial de Chapecó/FAEM.

² Graduada em Engenharia Civil pela UNIPAMPA. Mestrado em Engenharia Civil pela UFSM.

Resumo

O vidro não é um resíduo totalmente reciclável, com isso torna-se necessário reutilizá-lo para diminuir os impactos ambientais. Por meio do conhecimento das suas características foi possível substituir o agregado miúdo que compõem a argamassa convencional pelo pó de vidro. Foram realizados ensaios para analisar a consistência, densidade, retenção de água, capilaridade, resistência à tração na flexão e à compressão. O vidro, proveniente do descarte de vidraçarias foi moído, peneirado e secado para poder ser utilizado parcialmente como agregado miúdo na argamassa. As substituições foram feitas nas proporções de 10 %, 25 % e 35 %, de um traço referência de 1:1:6 composta por cimento CP II F – 32, cal e areia média. Ao termino dos ensaios no estado fresco e endurecido foi possível verificar que o resíduo utilizado na substituição do agregado miúdo, obteve resultados satisfatórios até uma relação de 10 % de substituição, a partir disso já necessita-se utilizar maior quantidade de água na mistura, e a resistência no estado endurecido diminui em relação ao traço referência.

Palavras-chave: Argamassa. Agregado miúdo. Pó de vidro

Introdução

O vidro, em sua forma pura é um óxido metálico, resfriado e transparente, com alta dureza, inerte e inativo. Pode conter superfícies lisas e impermeáveis. O mesmo pode servir para várias aplicações, sendo diferenciado dos outros materiais devido à baixa porosidade, absorvidade, condutibilidade térmica e dilatação (FERRARI; JORGE, 2014).

Diante dos fatos apresentados, depara-se a importância de conhecer as formas de reaproveitamentos de resíduos na construção civil, destacando o pó de vidro. Desta maneira, é de extrema importância saber quais serão os resultados da aplicação deste resíduo na substituição do agregado miúdo na produção de argamassa. Questiona-se então: Qual o resultado da substituição parcial do agregado miúdo por pó de vidro em argamassa convencional para revestimento interno e externo em paredes de alvenaria?

O objetivo geral é analisar a substituição do agregado miúdo por pó de vidro em argamassa convencional para revestimento interno e externo em paredes de alvenaria.

Essa pesquisa justifica-se devido à geração de resíduos do vidro, bem como, pelo fato de já existirem pesquisas na área mostrando a viabilidade desse material como componente parcial na argamassa. Um exemplo disso, é o trabalho de Costa e Silva (2017), o qual apresentou a viabilidade da adição do resíduo de vidro, em substituição parcial ao agregado miúdo na produção da argamassa, em pequenas porcentagens.

Fundamentação Teórica

A argamassa é um material de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais (CARASEK, 2010).

Podem ser aplicadas para assentamento de alvenarias, azulejos, pisos, elementos de fachadas, regularização de pisos, revestimento de paredes e tetos, impermeabilização de superfícies e reparos de concretos (ALVES, 1999).

A argamassa de revestimento é utilizada para revestir paredes, muros e tetos, que geralmente recebem acabamento como pintura, revestimentos cerâmicos, laminados e outros materiais (CARASEK, 2010).

O revestimento de argamassa pode ser uma das partes integrantes das vedações do edifício, que deve apresentar um conjunto de propriedades que permitam o

cumprimento das suas funções, auxiliando a obtenção do adequado comportamento das vedações e conseqüentemente, do edifício considerado um todo (MACIEL; BARROS; SABBATINI, 1998, p.1).

Para Carasek (2010) as principais funções do revestimento de argamassa de parede são proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação do intemperismo, no caso do revestimento externos; integrar o sistema de vedação dos edifícios, contribuindo com diversas funções, como isolamento térmico, isolamento acústico, estanqueidade à água, segurança ao fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais; regularizar a superfície dos elementos de vedação e servir como base para acabamentos decorativos, contribuindo para a estética da edificação.

A ABNT/NBR 13529 (2013) considera o revestimento como recobrimento de uma superfície lisa ou áspera com uma ou mais camadas sobrepostas de argamassa, em espessura normalmente uniforme, apta a receber um acabamento final.ⁱ

Composição da argamassa

A argamassa é um material obtido de uma mistura endurecida, com adição correta de agregados miúdos, aglomerantes e água. As propriedades da argamassa dependem de vários fatores, entre eles, quantidade e qualidade de aglomerantes e de água (AMBROZEWICZ, 2012).

A utilização da argamassa determina o tipo de materiais da mistura, bem como o tipo de aglomerantes (FIORITO, 2009). A seguir serão abordados os principais materiais utilizados na fabricação da argamassa, suas finalidades e características.

O cimento é muito utilizado nas formulações de argamassas. É considerado um ligante hidráulico, ou seja, endurece apenas com a reação da hidratação, tanto no ar quanto na água. Quando misturado com agregados, tem o poder de aglomerante, tornando possível a elaboração de argamassas e concretos (PAULO, 2006).

O cimento Portland é composto de clínquer e de adições, sendo o clínquer o principal material, presente em todos os tipos de cimentos Portland. Já as adições podem ser matérias-primas como o gesso, as escórias de alto-forno, materiais pozolânicos, e os materiais carbonáticos, variando conforme o tipo de cimento, e são as responsáveis por definir a diversidade dos cimentos (ABCP, 2002).

Cada tipo de cimento Portland possui uma composição específica, dependendo de sua finalidade. Por ser um produto perecível, o cimento em contato com a umidade perde suas propriedades, endurecendo antes do uso. Desta forma, são necessários alguns cuidados na estocagem para manter uma boa qualidade e maior durabilidade, em depósitos ou canteiros de obras (AMBROZEWICZ, 2012).

Ambrozewicz (2012, p. 44) afirma: “A areia, geologicamente, é um sedimento inconsolidado, cujos grãos têm diâmetros limites entre 0,075 mm e 4,8 mm. As areias grossas são, usualmente, constituídas de fragmentos de rocha e as areias finas de grãos minerais”.

As areias são originadas da desagregação das rochas. São classificadas em dois grupos principais: as areias siliciosas (quartzosas e graníticas) e as areias calcárias. No Norte do país, são mais utilizadas as areias graníticas, no Sul são mais utilizadas as areias quartzosas ou de origem calcária (MARGALHA; VEIGA, 2007).

A água é utilizada em vários serviços da engenharia, como componente ou como outras ferramentas. Nos concretos e argamassas a água serve de componente, quando se trata de limpeza, resfriamento e cura do concreto, atua como ferramenta nos trabalhos. É um material nobre, que possui influência na qualidade e segurança da obra, além de possuir grande importância em argamassas e concretos (AMBROZEWICZ, 2012).

Souza (2010) afirma que a água utilizada para o amassamento dos aglomerantes deve ser isenta de impurezas, como argila e matéria orgânica, devido estas substâncias influenciarem nos componentes da argamassa, alterando suas propriedades.

Segundo Ambrozewicz (2012), aditivos são definidos como substâncias adicionadas em concretos e argamassas que melhoram características, mas não corrigem defeitos provenientes de uma má elaboração.

Os aditivos são aplicados quando se deseja aumentar a compacidade, a resistência aos esforços mecânicos, melhorar a trabalhabilidade, diminuir a higroscopicidade, diminuir a retração, aumentar a durabilidade, melhorar o endurecimento, retardar e acelerar a pega, entre outras características importantes e desejadas para a utilização de argamassas (AMBROZEWICZ, 2012).

A cal é um reagente que endurece quando ocorre a transformação da cal em carbonato de cálcio, por fixação do gás carbônico existente no ar esse fenômeno chamado

de processo de carbonatação. Na produção das argamassas são aplicadas dois tipos de cal, podendo ser: cal virgem, sob a forma de óxidos de cálcio ou óxidos cálcio e magnésio, que está extinto em obra; e cal hidratada, sob a forma de hidróxido de cálcio ou hidróxido de cálcio e magnésio (BAUER; SOUZA, 2005).

A Cal, em forma de pó seco, é obtida pela hidratação adequada da cal virgem, constituída essencialmente de hidróxido de cálcio ou de uma mistura de hidróxido de cálcio com hidróxido de magnésio, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio (ABNT NBR 11172, 1990).

Algumas propriedades da argamassa como trabalhabilidade, retenção de água, assim como a extensão da aderência são incrementadas pelo uso da cal (BAUER; SOUZA, 2005).

Propriedades no Estado Fresco

É importante conhecer o desempenho da argamassa no estado plástico, principalmente porque as falhas geradas nessa fase resultarão em prejuízos para a qualidade do revestimento, danificando sua durabilidade. É possível afirmar que para obter argamassas endurecidas de boa qualidade, é necessário que elas sejam tratadas cuidadosamente na fase plástica (GOMES, 2008).

Gomes (2008) expõe que o desempenho das argamassas no estado fresco está profundamente ligado aos materiais empregados, a sua proporcionalidade, a mistura, ao tipo de transporte, espessura da camada e até a forma de aplicação.

Costa (2008) afirma que o desempenho da argamassa pode ser afetado diretamente pela falta de controle tecnológico ou inadequação do produto. Para que a dosagem da argamassa seja feita corretamente, alguns fatores tanto no estado fresco quanto no estado endurecido e no período de uso, devem ser levados em consideração tais como:

- a) Estado fresco: consistência e retenção de consistência, coesão, plasticidade, trabalhabilidade e retenção de água;
- b) Estado endurecido: Resistência mecânica (tração e compressão), retração e permeabilidade;
- c) Período de uso: Durabilidade.

Densidade

A densidade de massa das argamassas no estado fresco é determinada pelo método da ABNT/NBR 13278 (2005) e representa a relação entre a massa e o volume do material.

Imediatamente após o preparo da argamassa, devem ser introduzidas com uma colher, porções de argamassa em um recipiente cilíndrico calibrado com capacidade aproximada de 400 cm³, altura aproximada de 85 mm e diâmetro aproximado de 80 mm. Formando três camadas de alturas aproximadamente iguais.

Nas camadas devem ser aplicados 20 golpes com espátula ao logo do perímetro da argamassa. Após o golpeamento de cada camada, devem ser efetuadas três quedas do recipiente na mesa de consistência. O recipiente deve ser rasado e a massa do molde com a argamassa foi pesada em balança com resolução de 0,1g (ABNT/NBR 13278, 2005). A densidade de massa da argamassa no estado fresco é calculada por meio da Equação 1:

$$d = \frac{m_c - m_v}{v_r} 1000 \quad (1)$$

Onde:

m_c : massa do recipiente cilíndrico contendo a argamassa de ensaio (g);

m_v : massa do recipiente cilíndrico vazio (g);

v_r : volume do recipiente cilíndrico (cm³).

Consistência

A consistência, conforme descreve Gomes (2008), é resultado das ações de forças internas, como coesão, ângulo de atrito interno e viscosidade, que condicionam a mudança de forma da mistura. Assim, o teor de água, a forma e a textura dos grãos dos agregados, bem como a granulometria afetam sua consistência.

Para a avaliação da consistência das argamassas destinadas ao assentamento e revestimento de paredes e tetos pode-se adotar o método de ensaio descrito na ABNT/NBR 13276 (2005), onde se enche um molde tronco cônico, disposto sobre a mesa de consistência (*flow table*), com argamassa fresca, convenientemente adensada.

A preparação do ensaio da argamassa e a determinação do índice de consistência deve ser realizado em laboratório com temperatura de (23 ± 2) °C e umidade relativa do ar

de $(60 \pm 5) \%$. Os aparelhos necessários para o ensaio são: balança com resolução de 0,1 g, mesa para índice de consistência, molde tronco cônico, soquete metálico, misturador mecânico, paquímetro para medições até 300 mm, com resolução de pelo menos 1 mm (ABNT/NBR 13276, 2002).

Retenção de água

De acordo com Maciel, Barros e Sabbatini (1998), a quantidade de água utilizada para dar trabalhabilidade à argamassa de revestimento é maior que a necessária para causar as reações de endurecimento. Desta maneira, parte da água em excesso pode ser perdida na base de aplicação ou superficialmente, por evaporação. A passagem da água decorrente destes fatos afeta algumas propriedades da argamassa como: a resistência, a capilaridade, a permeabilidade e a aderência da argamassa à base.

Para a determinação da retenção de água em argamassas para assentamento e revestimento os ensaios devem ser feitos em um laboratório adotando o método de ensaio descrito na ABNT/NBR 13277 (2005) com temperaturas entre 2° e 23° C e umidade relativa do ar 5 % e 23 %. Os aparelhos utilizados são: funil de Bunchner, discos de papel filtro (200 mm de diâmetro), soquete metálico, régua metálica, balança de precisão, cronômetro e utensílios de laboratório.

Calcular a retenção de água (R_a) através das Equações 2 e 3:

$$R_a = \left[1 - \frac{(m_a - m_s)}{(AF(m_a - m_v))} \right] 100 \quad (2)$$

$$AF = \frac{m_w}{m + m_w} \quad (3)$$

Onde:

m_a : massa do conjunto de argamassa, em gramas;

m_s : massa do conjunto após a sucção, em gramas;

m_v : a massa é a massa do conjunto vazio, em gramas;

AF: o fator água/argamassa fresca;

m_w : a massa total de água acrescentada à mistura, em gramas;

m: a massa da argamassa industrializada ou a soma das massas dos componentes.

Propriedades no estado endurecido

A argamassa recém-misturada encontra-se no estado plástico e continua com a consistência constante por um curto espaço de tempo. Com a água, em decorrência das reações iniciais de hidratação do cimento e da perda de água por evaporação, a massa plástica passa para o estado semi-sólido, aumentando a sua consistência. Esta fase é chamada de fase de pega, no qual a argamassa passa ao estado sólido, onde ocorre o crescimento da resistência. A manipulação da argamassa durante a fase de pega afeta a qualidade do revestimento executado (GOMES, 2008).

Gomes (2008) relata que a argamassa no estado endurecido possui propriedades que são inerentes, avaliadas diretamente em corpos-de-prova, e outras, no revestimento que dependem da interação desse material com a base e só podem ser avaliadas em conjunto. Entre as primeiras têm-se: resistência à compressão axial, tração à flexão, tração por compressão diametral, elasticidade, retração, massa específica e permeabilidade. E entre as segundas, pode-se mencionar: resistência de aderência à tração, dureza superficial, propagação de ondas sonoras e durabilidade.

Resistência à tração na flexão e a compressão

A resistência mecânica é a propriedade do material que suporta as ações mecânicas de diferentes naturezas, devidas à abrasão superficial, ao impacto e à contração termo higroscópica (MACIEL; BARROS; SABBATINI, 1998).

Conforme a ABNT/NBR 13279 (2005), a obtenção da resistência à tração em corpos-de-prova de argamassa é utilizada quando se pretende correlacioná-la a outras propriedades. Depois de 2005 o formato do corpo-de-prova foi alterado e deixou de ser cilíndrico, passando a ser prismático, com dimensões de 4 cm x 4 cm x 16 cm, possibilitando a realização do ensaio de resistência à tração na flexão.

Seguindo as instruções da ABNT/NBR 13279 (2005), para a realização do ensaio à tração e na flexão deve-se posicionar o corpo-de-prova nos dispositivos de apoio do equipamento, de forma que a face não fique em contato com os dispositivos de apoio nem com o dispositivo de carga. Após deve-se aplicar uma carga de (50 ± 10) N/s até romper o corpo-de-prova.

A resistência à tração é calculada através da Equação 4:

$$R_f = \frac{1,5 F_f L}{40^2} \quad (4)$$

Onde:

R_f : resistência à tração na flexão, em megapascals;

F_f : carga aplicada verticalmente no centro do prisma, em newtons;

L : distância entre os suportes, em milímetros.

Para a realização do ensaio de compressão conforme a ABNT/NBR 13279 (2005), deve-se utilizar as metades dos três corpos-de-prova do ensaio de flexão, posicionando os dispositivos de modo que a face rasada não fique em contato com o dispositivo de apoio muito menos com o dispositivo de carga. Após, aplica-se uma carga de (500 ± 50) N/s até romper o corpo-de-prova.

Usa-se a Equação 5 para calcular a resistência à compressão:

$$R_c = \frac{F_c}{1\,600} \quad (5)$$

Onde:

R_c : resistência à compressão, em megapascals;

F_c : carga máxima aplicada, em newtons;

1 600: área da seção considerada quadrada do dispositivo de carga 40 mm x 40 mm, em milímetros quadrados.

Absorção por capilaridade

A capilaridade é a propriedade de um material que promove a sucção de água quando em contato com a mesma e depende de vários fatores, entre eles, as forças de tensão superficial água/material, a dimensão dos raios capilares, e o ângulo de contato capilar (RODRIGUES, 2014).

A ABNT/NBR 15259 (2005) especifica o ensaio para a determinação da absorção por capilaridade e a determinação do coeficiente de capilaridade.

Para realizar o ensaio de capilaridade deve-se obter corpos-de-prova com 28 dias de idade e com tolerância de 24 horas, permanecendo estabelecidas na seção 3. Após, deve-se lixar a superfície do corpo-de-prova e limpar com pincel. Em seguida, posicionam-se os corpos-de-prova com a face quadrado sobre os suportes no recipiente de ensaio e o nível de água deve permanecer constante a (5 ± 1) mm acima da face em contato com água. A partir disso, é determinado a massa de cada corpo-de-prova, em gramas, sendo realizado aos 10 min (m_{10}) e aos 90 min (m_{90}).

A Equação 6 é utilizada para determinar a absorção de água por capilaridade:

$$At = \frac{mt - m_0}{16} \quad (6)$$

Onde:

A_t : absorção de água por capilaridade, em gramas por centímetro quadrado;

m_t : massa do corpo-de-prova em cada tempo, em gramas;

m_0 : massa inicial do corpo-de-prova;

t : tempo de 10 min e 90 min, em segundos;

16: área do corpo-de-prova, em centímetros quadrados.

Vidro

O vidro é uma substância obtida através do resfriamento de uma massa de fusão, composta por matéria inorgânica, homogênea e amorfa. Possui como principal qualidade a transparência e a dureza (AMBROZEWICZ, 2012).

É um produto derivado da fusão da mistura de sílica, soda ou potassa de óxido de cálcio ou de chumbo. A sílica é o elemento vitrificante; a soda, a fundente; a cal, o estabilizante. A alumina aumenta a resistência química e a trabalhabilidade do vidro, enquanto o chumbo aumenta o índice de refração, dando maior brilho ao vidro cristal e tornando mais mole (ALVES, 1999).

Como características físicas do vidro, destaca-se o peso específico de 2,5 Kg por m² e por mm de espessura, para vidros planos, e a dureza na escala de Mohs variando entre 6 e 7 (ALVES, 1999).

Metodologia

Demo (1995) afirma que metodologia conceitua-se como um instrumento, caracterizado como uma condição necessária para a competência científica, possibilitando a capacidade de questionar a cientificidade de qualquer produção dita científica.

O método utilizado nessa pesquisa é o indutivo, pois através de dados obtidos e pelos resultados dos ensaios no estado fresco e endurecido das argamassas produzidas, os mesmos foram analisados e comparados.

Segundo Severino (1986), a indução é caracterizada pelo processo de generalização de um determinado raciocínio, no qual alguns fatos se aplicam sendo a todos da mesma espécie, dessa maneira, é tomado como uma verdade comum.

Para o desenvolvimento deste estudo o nível de pesquisa adotado foi explicativa. Para o entendimento do assunto abordado, é necessário saber que os resultados encontrados podem ser variáveis, devido às características adicionadas na formulação da pesquisa.

Gil (1999) cita que o objetivo de pesquisa explicativa, é repetir as condições de um fato a ser estudado, controlando e identificando fatores que determinam ou contribuem, para o bom desempenho de um sistema construtivo, aprofundando o conhecimento da realidade com a utilização de local, aparelhos de precisão e instrumentos apropriados, demonstrando as causas e o modo nos quais um fato é produzido, permitindo o estudo de causas e efeitos.

A pesquisa realizada é baseada em métodos experimentais, os quais foram fundamentados em testes e ensaios de laboratório, através de parâmetros fornecidos e normas vigentes.

No processo das pesquisas experimentais há maior grau de complexidade, mas apresentam resultados mais precisos, uma vez que o processo de seu desenvolvimento permite ao pesquisador medir, observar, controlar e possibilita a obtenção dos resultados (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Para a realização dessa pesquisa a coleta de dados foi por meio de testes obtido no laboratório de materiais, da Unidade Central de Educação Faem Faculdade LTDA (UCEFF), envolvendo os ensaios de caracterização dos componentes da argamassa, bem como o comportamento de cada argamassa em estudo. Também, realizou-se registro fotográfico de todos os processos.

O principal objetivo constituiu em produzir as argamassas com o auxílio de equipamentos, para medição e análise dos dados, seguindo as normas vigentes. Assim, foi utilizado o traço 1:1:6, no qual houve a produção de uma amostra referência, bem como com a substituição do agregado miúdo por pó de vidro, nas proporções de 10 %, 25 % e 35 %.

Marconi e Lakatos (2003) citam que antes de qualquer pesquisa, o primeiro passo é analisar todos os dados disponíveis que ajudam na investigação proposta. Através de indivíduos, que podem de alguma forma fornecer dados ou fontes úteis, é realizado a pesquisa de campo ou de laboratório.

Para a realização dos ensaios no estado endurecido foram moldados 6 corpos-de-prova de cada traço de argamassa medindo 4x4x16 cm e no teste de resistência à tração e a compressão, foram três amostras, para as idades de 7 e 28 dias.

Marconi e Lakatos (2003) citam que a etapa da coleta de dados na execução da pesquisa, demanda dedicação, esforço pessoal e paciência do pesquisador, devido tomar mais tempo do que o esperado. É preciso controle rigoroso na aplicação dos instrumentos de pesquisa, para assim evitar erros.

A população-alvo dessa pesquisa consiste em todos os resíduos que podem ser utilizados como agregados na composição da argamassa. Já a amostra considerada é o pó de vidro. A classificação da amostra é não probabilística e intencional devido possui pesquisas que confirmam a viabilidade da utilização do vidro em argamassas.

O método aplicado nesta pesquisa baseou-se na interpretação quantitativa de dados, analisados por meio de gráficos e tabelas, possibilitando o melhor entendimento dos resultados obtidos para cada ensaio.

Para Marconi e Lakatos (2003) a análise e a interpretação de dados são caracterizadas como atividades distintas, entretanto correlacionadas, com o mesmo objetivo, proporcionar respostas. Através da análise é evidenciado a relação que se

apresenta entre o fenômeno estudo e outros fatores. A interpretação busca dar significado aos questionamentos propostos, de forma mais ampla.

Apresentação e análise dos dados

Para a caracterização dos materiais foi realizado para o agregado miúdo e o pó de vidro, os ensaios de granulometria (sendo obtido o diâmetro máximo característico e o módulo de finura dos materiais), massa específica e massa unitária. Os ensaios para o cimento foram a massa específica e finura.

Os materiais utilizados na produção das argamassas possuíram a caracterização apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado dos ensaios de caracterização dos materiais.

Material	Ensaio realizado	Resultado
Areia Média	Massa específica	2,69 g/cm ³
	Massa unitária	1,55 g/cm ³
	DMC	2,4 mm
	MF	3,14
Pó de vidro	Massa unitária	0,64 g/cm ³
	DMC	1,2 mm
	MF	3,58
Cimento CP II - F 32	Massa específica	2,92 g/cm ³
	Finura	6%

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Na Figura 1 pode-se observar a quantidade de pó de vidro retido em cada peneira durante a realização do ensaio de granulometria.

Figura 1 - Ensaio de granulometria do pó de vidro



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Por meio da produção das amostras, a composição final de cada traço resultou a Tabela 2.

Tabela 2 – Composição final de cada amostra.

Tipo do traço	Cimento (g)	Cal (g)	Areia (g)	Pó de vidro (g)	Água (ml)	Média da consistência (mm)
Ref.	500	500	3000	-	900	220
10%	500	500	2700	300	900	210
25%	500	500	2250	750	1000	230
35%	500	500	1950	1050	1000	220

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

O aumento da relação água/cimento nos traços de argamassa, que possuíram o pó de vidro na mistura, indicam uma perda de trabalhabilidade em comparação a argamassa fabricada somente com areia.

Além, do ensaio de consistência, foram analisadas a retenção de água e a densidade no estado fresco, os valores encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados dos ensaios realizados no estado fresco das argamassas.

Ensaio realizado	Amostra de argamassas			
	Ref.	10%	25%	35%
Retenção de água (%)	99,73	98,36	97,64	98,31
Densidade (g/cm ³)	2	1,82	1,67	1,63

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Apesar de possuírem maior quantidade de água na mistura observa-se que as argamassas produzidas com a substituição parcial da areia por pó de vidro apresentaram retenção de água menor que a do traço referência. A maior densidade foi da argamassa referência, ao passo que os valores diminuíram, conforme o teor de substituição aumentou.

Foram moldadas seis amostras de 4x4x16cm, para os ensaios no estado endurecido de capilaridade, densidade no estado endurecido, resistência à tração na flexão e à compressão, sendo três unidades ensaiadas aos 7 dias à resistência, e o restante aos 28 dias para todos os ensaios.

A Tabela 4 mostra os resultados de capilaridade e densidade no estado endurecido aos 28 dias.

Tabela 4 – Resultados de capilaridade e densidade das argamassas.

Ensaio realizado	Amostra de argamassas			
	Ref.	10%	25%	35%
Capilaridade (g/d.min1/2)	6,88	3,48	5,18	5,5
Densidade (g/cm ³)	1,85	1,86	1,66	1,56

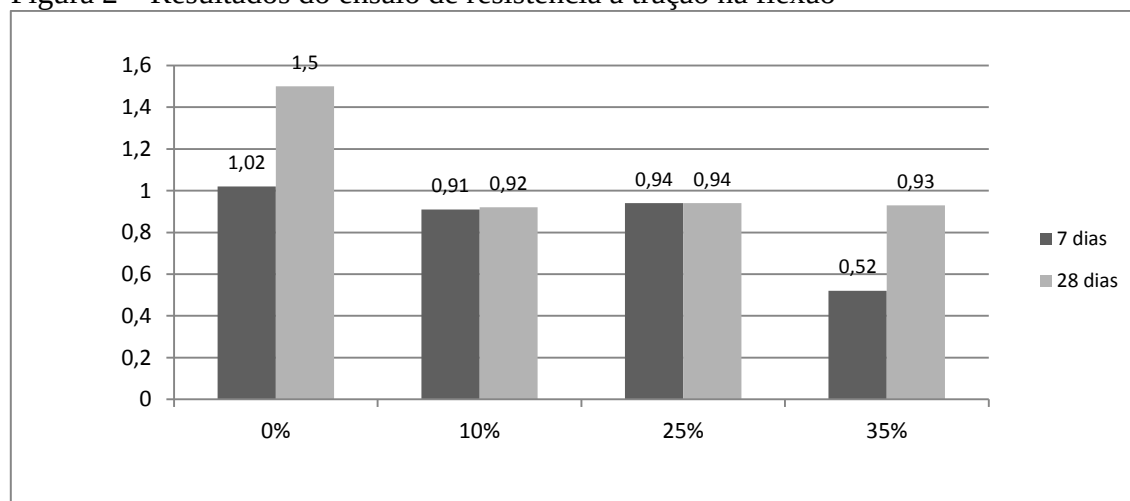
Fonte: Dados da pesquisa (2018)

A maior absorção da água foi adquirida pelo traço referência, e o menor índice foi apresentado no traço de 10% de substituição da areia por pó de vidro. A argamassa que possui 10% de pó de vidro apresentou densidade semelhante a amostra do traço referência (0%). Já as demais argamassas apresentaram menores densidades, bem como maior

quantidade de água na mistura, mostrando que, quanto maior a quantidade de pó de vidro, menor será a densidade.

Com a utilização da prensa EMIC e uma força de 50N/s, as amostras foram ensaiadas à resistência. A Figura 2 apresenta-se os resultados de resistência à tração na flexão aos 7 e 28 dias.

Figura 2 – Resultados do ensaio de resistência à tração na flexão

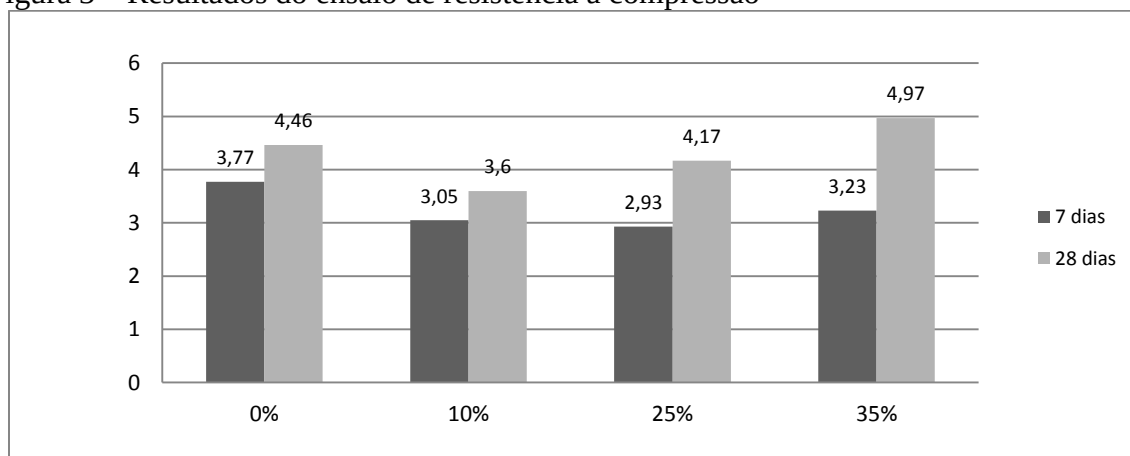


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Para os corpos de prova prismáticos os resultados de resistência à tração na flexão foram menores quanto maior a adição de pó de vidro na argamassa, tanto nos 7 dias quanto nos 28 dias de idade. Para os traços com 15% e 25% os resultados foram semelhantes nas duas idades. No traço de 35%, a resistência à tração na flexão foi menor em todas as idades.

Os resultados de resistência à compressão aos 7 e 28 dias estão ilustrados na Figura 3.

Figura 3 – Resultados do ensaio de resistência à compressão



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Nos ensaios de resistência à compressão os traços com substituição apresentaram resultados menores que o traço referência, tanto aos 7 dias como aos 28 dias de idade. Porém, o resultado do traço com 35% de substituição, foi maior aos 28 dias entre todas as amostras. O traço de 10% possui resultados inferiores, já o traço de 25% foi a argamassa que teve maior ganho de resistência entre as duas idades.

Considerações Finais

Este estudo teve o objetivo de avaliar o comportamento da argamassa para revestimento interno e externo, sendo produzida com substituição parcial do agregado miúdo por pó de vidro.

Os resultados da caracterização da areia e do pó de vidro mostram que o vidro pode ser utilizado como agregado miúdo, pois, o resíduo de vidro obteve uma granulometria semelhante a da areia. No estado fresco, o emprego do pó de vidro resultou em maior espalhamento e menor densidade (para o estado fresco e endurecido), o que torna um ponto positivo na aplicação em obra. Já os ensaios no estado endurecido, os valores de resistência à tração na flexão indicam uma pequena perda dessa propriedade, nas argamassas com o pó de vidro. Porém, na compressão, em alguns casos provaram-se superiores àquelas do traço referência, o que pode ser justificado por algum efeito pozolânico decorrente da ação do vidro. A absorção de água por capilaridade foi menor nos traços que possuíram substituição.

De modo geral, foram observadas pequenas alterações nas propriedades estudadas, as quais não inviabilizam o uso do pó de vidro.

Referências Bibliográficas

- ALVES, J. D. **Materiais de construção**. 7. ed. CEFET, Goiás: Editora UFG, 1999.
- AMBROZEWICZ, P.H.L. **Materiais de Construção**: Normas, especificações, aplicação e ensaios de laboratórios. São Paulo: PINI, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento portland**. 7.ed. São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/uploads/2016/05/BT106_2003.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11172**: Aglomerantes de origem mineral. Rio de Janeiro, 1990.
- _____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- _____. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- _____. **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.
- _____. **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.
- _____. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- _____. **NBR 13528**: Revestimentos de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- _____. **NBR 11768**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- _____. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- BAUER, E. **Resistência à penetração da chuva em fachadas de alvenaria de materiais cerâmicos**: uma análise de desempenho. 1987. 168 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/2050>>. Acesso em: 14 maio 2018.

- BAUER, E.; SOUZA, J. G. G. **Revestimentos de Argamassa: Características e Peculiaridades**. Brasília: SindusCon – SP, 2005. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/123/anexo/revesar.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- CARASEK, H. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2 V, 2010.
- COSTA, L. L. **O uso de argamassas tradicionais e pré-doseadas para impermeabilização em revestimentos exteriores**. Vila Real: UTAD, 2008. 112 P. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil - Universidade de Trás-os-montes e Alto Douro, 2008. Disponível em: <http://docplayer.com.br/9474553-O-uso-de-argamassas-tradicionalis-e-pre-doseadas-para-impermeabilizacao-em-revestimentos-exteriores.html>. Acesso em: 15 abr. 2018.
- DEMO, P. **Metodologia científica em ciências sociais**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1995.
- FIORITO, A. J. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2009. 232 P.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- GOMES, A. de O. **Propriedades das Argamassas de Revestimento de Fachadas**. Salvador: Escola Politécnica da UFBA. 2008. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/62190521/des-Das-Argamassas-de-Revestimento-2008>>. Acesso em: 10 maio 2018.
- LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- MACIEL, L. L. BARROS, M. M. S. B. SABBATINI, F. H. **Recomendações para Execução de Revestimentos de Argamassa para paredes de vedação internas e externa e tetos**. São Paulo, 1998. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/164916937/Apostila-Revestimento-Maciel-Barros-Sabbatini-Desbloqueado>>. Acesso em: 05 maio 2018.
- PAULO, R. S. V. M. N. **Caracterização de argamassas industriais**.: Universidade de Aveiro, 2006. Disponível em: <http://www.apfac.pt/docs/Tese_Raquel%20Nascimento.pdf>. Acesso em: 03 maio 2018.
- RODRIGUES, J. C. M.. **Umidade ascendente em paredes internas: avaliação de desempenho de bloqueadores químicos**. 2014. 57 P. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/110147/000951989.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 10 maio 2018.
- SOUZA, A. J. C. de. **Aplicação de argamassas leves de reboco e assentamento em alvenarias**. 2010. 113 P. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil- especialização em construções) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2009. 113 P. Disponível em: <<ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/ArtigosCientificosDiversos/ArtigosArgamassaLeve/A>

PLICA%C7%C3O%20DE%20ARGAMASSAS%20LEVES.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2018.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 21. ed. São Paulo: Cortez, 1986.
