

AVALIAÇÃO DE ENSAIOS EM ARGAMASSAS PARA USO EM PISOS E REVESTIMENTOS – ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS NORMAS.

EVALUATION OF TESTS ON MORTAR FOR USE ON FLOORS AND COATINGS - COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN STANDARDS.

ALVARENGA, Rita de Cássia Silva Sant'Anna (1); SANTOS, White Jose dos (2); BRANCO, Luiz Antonio Melgaço Nunes (3) MENDES, Victor Roberto Verga (3).

(1) Professora Doutor, Departamento de Engenharia Civil, UFV.

(2) Professor Mestre, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, UFMG e doutorando em Engenharia Civil, UFV.

(3) Professor Doutor, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, UFMG.

Aluno de Graduação em Engenharia Civil, UFV.

Faculdade de Engenharia – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - Campus Universitário – Viçosa (MG) – CEP 36570-000

Email: ritadecassia@ufv.br; white.santos@engenharia.ufjf.br; luizmelgao@ufmg.br; victor.mendes@ufv.br

RESUMO

A indústria construção civil é uma grande consumidora de argamassas e, de acordo com o uso, suas propriedades assumem mais ou menos relevância em função da aplicação, podendo, ser determinadas no estado fresco e/ou endurecido. As propriedades das argamassas devem ser criteriosamente analisadas, de modo que o surgimento de patologias seja minimizado e a vida útil potencializada. Dentro deste contexto, este trabalho verifica o comportamento mecânico das argamassas em função dos seguintes parâmetros: resistência à compressão axial utilizando corpos de prova cilíndricos e prismáticos, resistência à tração na flexão e por compressão diametral. Analisaram-se argamassas com duas consistências distintas, conforme o uso (piso

e revestimento/assentamento), nas idades de 7, 14 e 28 dias e nos traços 1:0:3 e 1:1:6 (cimento: cal hidratada: areia). Finalmente, obteve-se as correlações entre os parâmetros analisados onde constatou-se um aumento da resistência a compressão avaliada nos corpos de prova cilíndricos em relação aos prismáticos (10%), a evolução das resistências mecânicas com a idade e a interdependência das propriedades em relação aos materiais constituintes da mistura.

Palavra-Chave: Propriedades Mecânicas, Correlações de ensaios, Argamassas

ABSTRACT

The construction industry is a large consumer of mortar, and according to the use, its properties take more or less relevant depending on application and can be determined in fresh and / or hardened.

The properties of mortars must be carefully considered, so that the occurrence of pathologies is minimized and the life cycle can be enhanced. Within this context, this paper verifies the mechanical behavior of mortars based on the following parameters: axial compressive strength using cylindrical specimens and prismatic, tensile strength in bending and diametral compression. Mortars were analyzed with two different consistencies according to the use (and floor coating / settlement), at ages 7, 14 and 28 days and mixtures 1:0:3 and 1:1:6 (cement : hydrated lime : sand). Finally, is showed the correlations between the parameters analyzed where it was found an increase in compressive strength measured on cylindrical specimens compared to prismatic (10 %), the evolution of mechanical strength with age and interdependence of properties in relation the constituent materials of the mix.

Keywords : Mechanical Properties , Correlations Tests , Mortars

INTRODUÇÃO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A argamassa, usualmente, é definida como uma mistura homogênea de: agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos, água e aditivos, em caráter opcional, devendo-se considerar inclusive suas propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosadas em obras ou em instalações próprias (NBR 13.281, 2005). As obras de construção civil possuem um elevado potencial de consumo de argamassa, devendo-se, considerar estas possuem três finalidades: revestimento de paredes e tetos, execução de contra-pisos e pisos, e assentamento de alvenarias.

No que se refere às argamassas de revestimento, que podem ser feitas em várias camadas ou em uma única camada, suas funções mais importantes, segundo BAÍA e SABBATINI (2008), são: proteção dos elementos de vedação dos edifícios contra ação de agentes agressivos; isolamento termoacústico, estanqueidade contra, líquidos, gases e vapores; regularização de superfícies e acabamento final. Já às argamassas utilizadas na execução de pisos, tem-se: resistência a esforços mecânicos e agentes químicos, textura superficial, dentre outras. As argamassas de assentamento devem apresentar propriedades mecânicas que contribuam de forma significativa na resistência da alvenaria, principalmente se for alvenaria estrutural, sendo maneira geral, as principais funções são a transferência uniforme das tensões entre os blocos e a sua união solidária para que se possa resistir aos esforços solicitantes.

Em função das diversas aplicações das argamassas, suas propriedades mecânicas assumem diferentes critérios de relevância que devem ser investigadas de modo a impedir o surgimento de patologias, como por exemplo, as fissuras, que possibilitam a penetração e percolação de água comprometendo a estanqueidade e, conseqüentemente, a vida útil dos elementos construtivos de uma edificação (SANTOS, 2008).

A resistência mecânica é usualmente definida como sendo a propriedade das argamassas de suportarem as ações de diferentes naturezas como: as oriundas da abrasão superficial, do impacto e de movimentação

higroscópica e/ou estrutural; sendo a resistência à tração na flexão e à compressão axial determinadas segundo a NBR 13279 (2005).

O ensaio para determinação da resistência à compressão (fc) está prescrito, atualmente, na NBR 13.279 (2005), empregando-se corpos de prova prismáticos de dimensões iguais a 4 x 4 x16 cm, enquanto que a esta norma na versão de 1995 descrevia este ensaios utilizando corpos de prova cilíndricos de dimensões da base 50 mm e altura 100 mm.

Grande é a discussão a respeito do formato dos corpos de prova:

- Segundo NEVILLE (1997) e, MONTROYA, MESEGUER e CABRE (2000) os corpos de prova cúbicos e prismáticos tendem a resultados maiores que os cilíndricos, na ordem de 5%. Deve-se considerar, inclusive, a relação altura/diâmetro que nos cilíndricos é igual 2, e minimizam os valores de cargas.

- Segundo NEVILLE (1997) o “efeito parede” é mais pronunciado quanto maior for a relação área/volume do corpo de prova e ocorre quando a dimensão máxima do agregado é grande em relação ao molde; neste caso, o adensamento é prejudicado. Dentro do exposto, constata-se que a NBR 13.279 (2005) emprega corpos de prova prismáticos com relação área/volume é igual a 0,25, enquanto a NBR 13.279 (1995), prescrevia corpos de prova cilíndricos e a relação era igual a 0,01.

- ISAIA (2011) apresenta que a relação entre corpos de prova prismáticos e cilíndricos varia entre 0,9 e 1,2. Ressalto que os corpos de prova prismáticos são muito utilizados em outros países pela maior facilidade de moldagem e realização de ensaios.

- SANTOS (2008) menciona que essa propriedade depende, basicamente, do consumo e da natureza dos agregados e aglomerantes empregados e da técnica de execução, sendo que esta última visa compactar as argamassas durante a sua aplicação e acabamento. Há de se considerar, inclusive, a significativa influência da temperatura e da umidade no desempenho e vida útil das argamassas, bem como a resistência, que é inversamente proporcional ao consumo de água (relação

água/cimento) devido ao aumento do índice de vazios, que pode ser gerado em função de uma moldagem mal feita.

O corpo de prova argamassado sofre influência da resistência do agregado, que SENGUL et al (2002) e (NEVILLE, 1997) quanto mais forte/resistente for o agregado maior a possibilidade resistiva desse conjunto. Tem-se ainda os aglomerantes, sendo consagrado é o cimento Portland aliado a um aglutinante, no qual historicamente, empregava-se a cal na fabricação das argamassas. No entanto, com o surgimento dos aditivos, cada vez mais eficazes esse emprego minimizou-se. Em contrapartida, esta prática pode afetar a durabilidade das argamassas utilizadas como revestimento, como já fora observado em alguns países da Europa. Pois, pesquisas realizadas segundo RAGO e CINCOTTO (1999) demonstraram que a cal proporciona maior plasticidade às argamassas no estado fresco, permitindo a melhora da trabalhabilidade e conseqüentemente, da produtividade.

Além disso, a retenção de água, propiciada por pela cal, dificulta a absorção de água pela base, minimizando a retração. Já no estado endurecido a capacidade de absorver deformações, devido ao baixo módulo de deformação, é de extrema importância no desempenho da argamassa, que acompanha as movimentações da estrutura. Salienta-se ainda, o processo de carbonatação lenta ao longo do tempo que tampona as eventuais fissuras ocorridas no processo de endurecimento (CINCOTTO, 1999).

A fim de se avaliar os resultados e comparar com a bibliografia técnica, adotou-se dois tipos de corpos de prova, a saber, os cilíndricos de dimensão 5 x 10 cm (diâmetro x altura) que foram curados segundo a normalização brasileira e atendendo as especificações da NBR 13281 (1995) e, corpos de prova prismáticos de dimensões iguais a 4 x 4 x 16 cm conforme a NBR 13.279 (2005).

PROPRIEDADES MECÂNICAS

Define-se como resistência à compressão a propriedade das argamassas de suportarem as ações de compressão oriundas da movimentação higroscópica e/ou estrutural. A NBR 13.281 (2005) classifica as argamassas de revestimento em função da resistência à compressão axial, conforme a tabela 1 ilustrada a seguir.

Tabela 1 – Classificação das argamassas segundo a resistência à compressão (NBR 13281, 2005)

A força de ensaio deve ser aplicada continuamente e sem choques, com velocidade de carregamento de 0,3 MPa/s a 0,8 MPa/s, sendo a força de ruptura lida em kN. A resistência à compressão axial pelo método da NBR 13.279 (1995) pode ser obtida utilizando-se a Equação

1. A Figura 1 ilustra o ensaio de resistência à compressão axial em argamassas.

Onde: f_c – resistência à compressão axial (MPa); F – força máxima obtida no ensaio (N); A – área da seção

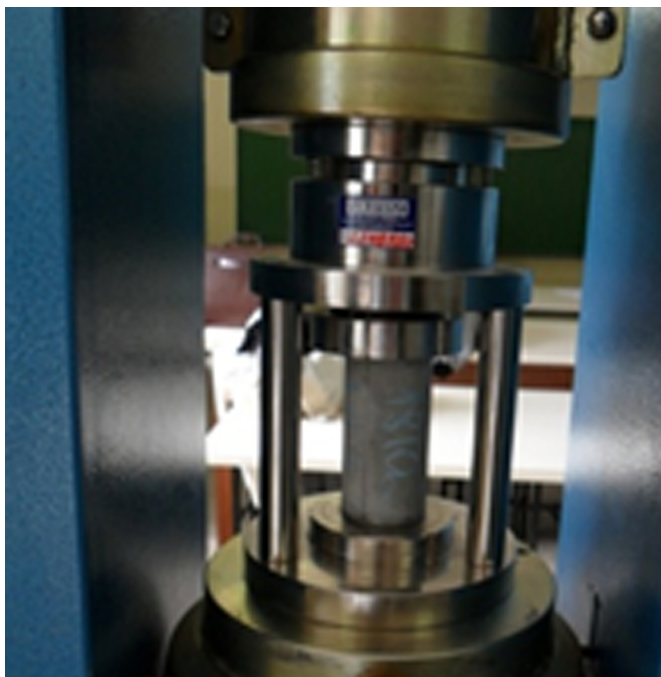
Classe	Resistência à Compressão Axial (MPa)
P1	< 2,0
P2	1,5 a 3,0
P3	2,5 a 4,5
P4	4,5 a 6,5
P5	5,5 a 9,0
P6	> 8,0

transversal do corpo-de-prova (mm^2).

FIGURA 1 – Ensaio de resistência à compressão axial (fonte: pessoal)

Classe	Resistência à Compressão Axial (MPa)
P1	< 2,0
P2	1,5 a 3,0
P3	2,5 a 4,5
P4	4,5 a 6,5
P5	5,5 a 9,0
P6	> 8,0

Já o método da NBR 13.279 (2005) consiste em realizar o ensaio de resistência a tração na flexão primeiro, com corpo de prova inteiro aplicando a carga com velocidade de $(50 \pm 10) \text{ N/s}$ até ruptura, vide Figura 2. Logo em seguida pega-se a as duas parte do corpos de

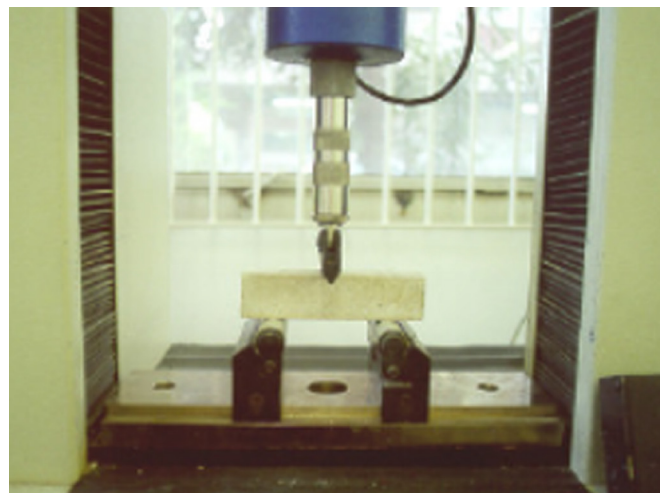


prova e se realiza o ensaio de compressão, conforme esquema da Figura 3. Os resultados podem ser obtidos pelas equações 2(resistência a tração na flexão) e 3 (resistência a compressão).

Figura 3 – Montagem para o ensaio de compressão (Fonte: MIRANDA, 2005)

A tabela 2 apresenta os valores de classificação das argamassas segundo a resistência a tração na flexão.

Tabela 2 – Classificação das argamassas segundo a resistência à tração na flexão (NBR 13281, 2005)



Já a resistência à tração por compressão diametral é uma propriedade mais significativa para argamassas de piso refletindo a tensão de tração máxima suportada pela estrutura quando submetida a esforços de compressão. A resistência à tração por compressão diametral é

Classe	Resistência à Tração na flexão (MPa)
R1	< 1,5
R2	1,0 a 2,0
R3	1,5 a 2,7
R4	2,0 a 3,5
R5	2,7 a 4,5
R6	> 3,5

calculada pela Equação 4.

Onde: – resistência à tração por compressão diametral em MPa, com aproximação de 0,05 MPa; – força máxima obtida no ensaio (N); – diâmetro do corpo-de-prova (mm); – altura do corpo-de-prova (mm).

Segundo METHA e MONTEIRO (2008) o aumento da resistência à compressão reflete diretamente no aumento da resistência à tração, no entanto, alguns fatores interferem como: cura, relação água-cimento,

$$f_{t,D} = \frac{2 F}{\pi d L} \quad (\text{Equação 4})$$

tipo de agregado, aditivos e adições.

MATERIAIS E PROGRAMA EXPERIMENTAL

Com o objetivo de avaliar as propriedades mecânicas

das argamassas utilizadas na construção civil, elaborou-se um programa experimental composto das seguintes etapas:

- Caracterização dos materiais;
- Determinação de dois traços de argamassas dosado em função de sua consistência para aplicação e da incorporação de aglutinante ou não (sendo este a cal);
- Moldagem dos corpos de prova;
- Realização dos ensaios;
- Análise estatística dos dados e correlação entre as propriedades analisadas.

PROPORÇÃO DOS MATERIAIS

No programa experimental empregou-se os seguintes materiais:

- Cimento Portland CP II E 32 da Holcim do Brasil S.A.;
- Cal hidratada especial aditivada tipo CH 1 da ICAL – Indústria de Calcinação Ltda;
- Água potável proveniente da rede de distribuição da cidade de Viçosa (Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Viçosa - SAAE);
- Agregado miúdo natural (tabela 3).

Tabela 3 – Características físicas da areia

Composição granulométrica (NBR NM 248 (ABNT, 2001))	
Granulometria	Zona Ótima
Diâmetro máximo	2,4 mm
Módulo de finura	2,66
Massa específica real (NM 52/2009)	2,65 kg/dm ³
Massa específica unitária (NM 45/2006)	1,40 kg/dm ³
Teor de argila (NBR 7218/2010)	Isento
Teor de material pulverulento (NM 46/2001)	0,31%
Impureza orgânica (NBR NM 49)	<300p.p.m.
Absorção de água (NM 30/2001)	1,02%

A fim de se obter argamassas passíveis de serem aplicadas em revestimentos e pisos, efetuou-se o proporcionamento dos materiais baseado em duas consistências conforme o uso, ou seja, uma argamassa com menos água para aplicação em piso e outra mais fluida para revestimentos e assentamentos. Estas consistências foram encontradas em função da trabalhabilidade desejada no canteiro de obras, de forma a manter-se uma estrutura coesa e sem segregação dos traços experimentais apresentados na tabela 3.

Tabela 4 – Traços (cimento:cal:areia)

RESULTADOS E ANÁLISES

No programa experimental, empregou-se 2 traços (cimento: cal: areia), cada qual com sua consistências específica, sendo verificado as propriedades conforme a variação dos ensaios de resistência a compressão

Menos fluida - Pisos	Mais fluidas - revestimentos e assentamentos
1:0:3	1:1:6

ENSAIO	Idade	n° CPs
Resistência à Compressão Axial - NBR 13279 (2005)	7	4
	14	4
	28	4
Resistência à Compressão Axial - NBR 13279 (1995)	7	4
	14	4
	28	4
Resistência à Tração na flexão - NBR 13279 (2005)	7	4
	14	4
	28	4
Resistência à Tração na Compressão Diametral NBR 7222 (2010)	7	4
	14	4
	28	4

destes elementos e buscando correlações entre as propriedades. Salienta-se que inicialmente efetuou-se uma análise preliminar através do coeficiente de variação dos dados, obtendo valores inferiores a 25%, logo as amostras (os dados) são consideradas aceitáveis.

As Tabelas 6 e 7 e as Figuras 4 a 7 apresentam os resultados obtidos nos ensaios de resistência a compressão axial (fc) pelos os dois métodos, tração por compressão diametral (fct,sp) e tração na flexão(Rf), conforme idade ensaiada.

Tabela 6 – Resultados obtidos nos ensaios de resistência a compressão realizados

Tabela 7 – Resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração na flexão e compressão diametral

Figura 4 – Correlação entre a resistência à compressão axial (fc) e a idade.

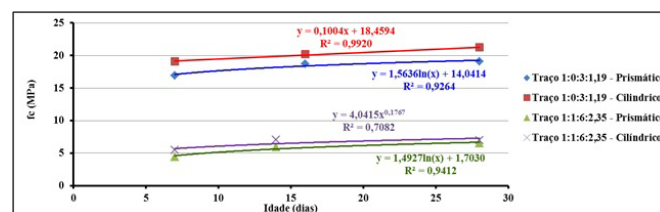
O comportamento da resistência à compressão axial

em relação à idade, conforme se verifica na Tabela 6 na figura 4, se aproximam de expressões logarítmicas,

Idade	1:1,6:2,35						1:0,3:1,19					
	CP cilíndrico			CP prismático			CP cilíndrico			CP prismático		
	Média	DP	CV	Média	DP	CV	Média	DP	CV	Média	DP	CV
Dias	MPa	MPa	%	MPa	MPa	%	MPa	MPa	%	MPa	MPa	%
7	5,45	0,19	3,52	4,46	0,24	5,27	19,10	0,32	1,69	16,94	1,71	10,08
16	7,06	0,14	2,04	5,94	0,20	3,28	20,18	1,35	6,71	18,73	2,07	11,03
28	6,96	0,20	2,84	6,53	0,28	4,30	21,22	0,67	3,16	19,04	0,38	2,01

dentro deste de cada intervalo de tempo e dependente da presença de cal, teor de água (consistência) e varia

Idade	1:1,6:2,35						1:0,3:1,19					
	CP cilíndrico			CP prismático			CP cilíndrico			CP prismático		
	Média	DP	CV	Média	DP	CV	Média	DP	CV	Média	DP	CV
Dias	MPa	MPa	%	MPa	MPa	%	MPa	MPa	%	MPa	MPa	%
7	5,45	0,19	3,52	4,46	0,24	5,27	19,10	0,32	1,69	16,94	1,71	10,08
16	7,06	0,14	2,04	5,94	0,20	3,28	20,18	1,35	6,71	18,73	2,07	11,03
28	6,96	0,20	2,84	6,53	0,28	4,30	21,22	0,67	3,16	19,04	0,38	2,01



segundo o tipo de corpo de prova.

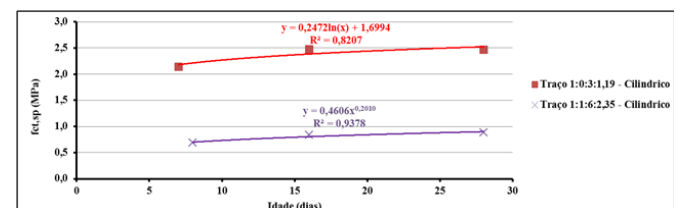
Ressalta-se que apesar de semelhante, principalmente quando se compara as consistências, as curvas são diferentes, demonstrando que a variação do teor de cal e de agregado interferem na evolução da resistência ao longo do tempo, justificado pela alteração nas condições para hidratação do cimento e pela relação agregado/aglomerante. A resistência à compressão para todos os casos já possui 78% da f_c final com 7 dias de idade demonstrando que o processo de cura fora da imersão converge para o ganho de resistência antecipado pela hidratação/reações químicas mais aceleradas nas argamassas. Além disso, percebe-se que estas argamassas podem ser classificadas como P4 (com cal) e P6 (sem cal), ou seja, são argamassas de ótima qualidade e podem ser colocadas inclusive em área externas as construções com exposição às intempéries. Constata-se que as argamassas sem cal adquirem maiores resistências quando comparadas àquelas que possuem adição de cal, principalmente para condições no qual o fator água cimento é mais baixo. Pode-se

justificar diferença da relação agregado/aglomerante que tornam estas argamassas mais pobres e com uma maior área de molhagem exigindo mais água para a consistência desejada.

Quanto aos corpos de prova percebe-se a resistência à compressão, em média, é 10% menor nos corpos de prova prismáticos em relação aos cilíndricos, ficando dentro do exposto por ISAIA (2011). Contudo ressalta-se a diferenças entre as demais bibliografias que afirmavam que os cilíndricos obtinham maiores resistências, o que se apresentou de forma contrária. Acredita-se que o processo de ensaio proposto no qual a carga só é aplicada em uma área de 16 cm² converge para a redução de erros pelo atrito do corpo de prova com a estrutura da prensa.

Figura 5 – Correlação entre à tração por compressão diametral e a idade.

O comportamento da resistência à tração por compressão diametral em relação à idade, conforme se verifica na tabela 6 e figura 5, se aproxima também de uma expressão logarítmica e potenciais dentro



deste intervalo de tempo e variando de acordo com a presença de cal, teor de água (consistência) e relação agregado/aglomerante. O comportamento é bastante parecido com a resistência à compressão, na qual as argamassas sem cal adquirem maiores resistências em relação àquelas com cal, sendo que a resistência à tração por compressão diametral está na ordem de 12% da resistência à compressão, demonstrando a correlação existente entre estas propriedades e também já possui 78% $f_{c,sp}$ final com 7 dias.

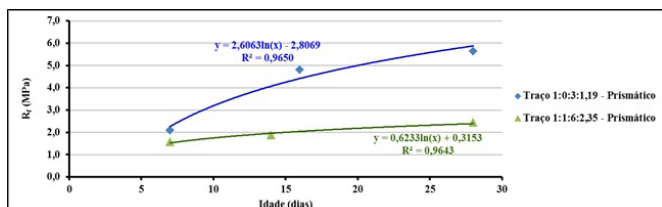
A resistência à tração na flexão em relação à idade, aproxima-se também de uma expressão logarítmica dentro deste intervalo de tempo e variando de acordo com a presença de cal, teor de água (consistência) e relação agregado/aglomerante, conforme se verifica na tabela 6 e figura 6. O comportamento é bastante

parecido com a resistência à compressão, na qual as argamassas sem cal adquirem maiores resistências em relação às aquelas com cal, sendo que a resistência à tração na flexão varia de 26% a 37% da resistência à compressão.

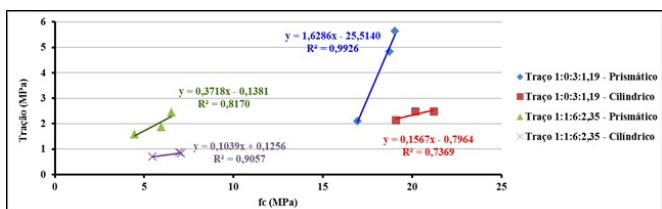
Além disso, a resistência à tração na flexão já possui 65% da resistência final para argamassa com cal, enquanto a argamassa sem cal só obteve 37% aos 7 dias; sendo que estas são como classificação R4 (sem cal) e R6 (com cal), demonstrando novamente que a inserção da cal conduz a uma melhoria/aumento desta propriedade tornando-a mais adequada para o seu local de uso.

Figura 6 – Correlação entre a tração na flexão e a idade.
 Figura 7 – Correlação entre resistência à tração na flexão e resistência a compressão axial.

Analisando a correlação entre as resistências à tração e a resistência à compressão axial percebe-se uma correlação linear para todos os resultados,



demonstrando que a relações agregado/aglomerantes



e fator a/c convergirão para correlações bem diferentes, contudo com grande proximidade. Nestes é possível perceber que apesar das propriedades serem diferentes existe correlações possíveis e que a melhoria em uma destas propriedades tende a melhorar as demais também. A resistência à tração por compressão diametral se apresentou menor, na ordem de 33% a 44% da resistência à tração na flexão, demonstrando que as argamassas, independente de suas composições apresentam comportamento melhor em condições de flexão, do que submetidas a compressão, justificando

seu uso em placas delgadas sobre as estruturas.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos conclui-se que a inserção de cal e o aumento do teor de água para variação da consistência influenciam nas propriedades mecânicas. Observa-se ainda que existem correlações entre estas propriedades, sendo estas lineares ou logarítmicas.

A idade influencia nas propriedades mecânicas, sendo que as argamassas sem cal tem maiores ganhos de resistência em relação a idade. Além disso, a inserção de cal permitiu elevar significativamente o valor da resistência à tração por compressão diametral e tração na flexão das argamassas, chegando a quase a 40% da resistência por compressão axial.

Quanto aos corpos de prova verificou-se que este pode influenciar no resultado, contudo dentro de um intervalo de 10%, conforme verificado na bibliografia. Ressalta-se, em contra partida que os corpos de prova prismáticos apresentam valores menores do que os encontrados pela CPs cilíndricos, demonstrando que a as questões de atrito CPs/Prensa não estariam influenciando os resultados.

Finalmente, pode-se concluir que a adição de cal às argamassas em proporções corretas e com fatores de água/cimento compatíveis com a mistura, proporcionam a melhoria de algumas características das argamassas. Assim, sua utilização pode ser difundida de forma mais eficaz e menos empírica. O corpos de prova não tem influencia tão significativa nos resultados de resistência a compressão axial.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos, Rio de Janeiro, NBR7222. _____, 2005, Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos. Rio de

Janeiro, NBR 13281.

_____. 2005, Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, NBR 13279.

BAÍÁ, L. L. M.; SABBATINI, F. H.. Projeto e execução de revestimentos de argamassa. 4ª edição. Editora O Nome da Rosa. Setembro de 2008.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C. Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio. São Paulo: Instituto de Pesquisas

Tecnológicas, 1995. Boletim Técnico n. 68.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

MIRANDA, L.F.R. Contribuição ao desenvolvimento da produção e controle de argamassas de revestimento com areia reciclada lavada de resíduos classe A da construção civil. São Paulo, 2005. 474p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MONTOYA, P. J.; MESEGUER, A. & CABRE, M. Hormigon Armado. Baseada em EHE ajustada al Código Modelo y al Eurocódig. 14 edi. Barcelona: Gustavo Gili, 2000.

NEVILLE, ADAM M.: Propriedades do concreto – Elasticidade, retração e fluência (capítulo 9). Editora Pini, São Paulo, 1997.

NORMA MERCOSUL, 1996, Ultra Som, NM 58.

SANTOS, Maria Luiza Lopes de Oliveira. Aproveitamento de resíduos minerais na formulação de argamassas para a construção civil. Tese de doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN, Agosto de 2008.

SENGUL, Özkan;TASDEMIR, Canan e TASDEMIR, Mehmet Ali. Influence of aggregate type on mechanical behavior of normal- and high-strength concrete. ACI Materials Journal, Nov.-Dez., p. 528-533, 2002.